

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної та промислової теплотехніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Варламов Г.Б.
(підпис)

“ _____ ” _____ 2019 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»

на тему: Система опалення індивідуального житлового будинку з
використанням ґрунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м.
Києві

Виконав: студент IV курсу, групи ТП - 51

_____ Новіцький Дмитро Іванович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ професор, д.т.н. Безродний М.К. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ доцент, к. т. н. Каштанов С.Ф. _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної та промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський) Напрямок

підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Г.Б.Варламов
(підпис)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ на дипломний проект студенту

Новіцькому Дмитру Івановицу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система опалення індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м. Києві

керівник проекту Безродний Михайло Костянтинович д.т.н., проф.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 22 » 05. 2019 р. № 1325-с

2. Термін подання студентом проекту 18.06.2019 р.

3. Вихідні дані до проекту м. Київ; призначення приміщення - житлове; кількість мешканців у будинку - 5; число водорозбірних приладів на гаряче водопостачання - 7 шт.; загальна площа будинку 322,14 м²; температурний графік радіаторної системи опалення – 40-35°C; панельної системи опалення тепла підлога 40-35°C.

4. Зміст пояснювальної записки Розрахунки теплових втрат приміщень. Розрахунок витрат теплоти на ГВП. Вибір обладнання системи теплопостачання. Розрахунок панельної системи теплопостачання. Розрахунок радіаторної системи теплопостачання. Теплова схема. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення. Вибір насосів системи опалення. Охоро-
на праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Схема опалення та ГВП 2. Компоновка обладнання котельні. 3. Схема прокладання контурів тепла підлога. 4. Компоновка обладнання опалення. 5. Плакат фасаду будівлі

6. Консультанти розділів проекту[□]

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	Каштанов С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання 21.04.19

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Опис теплової схеми системи тепlopостачання	01.05.2019	
2	Виконання розрахунку системи опалення	07.05.2019	
3	Розрахунок системи гарячого водопостачання	20.05.2019	
4	Гідравлічний розрахунок	29.05.2019	
5	Вибір установок системи опалення і гарячого водопостачання	03.06.2019	
6	Розрахунок та вибір теплового насосу	06.06.19	
7	Розрахунок та підбір розширювальних баків системи опалення та гарячого водопостачання	08.06.2019	
8	Охорона праці	08.06.2019	
9	Оформлення графічного матеріалу	12.06.2019	
10	Оформлення пояснювальної записки	18.06.19	

Студент

(підпис)

Новіцький Д. І.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Безродний М. К.

(ініціали, прізвище)

[□] Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: «Система опалення індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м. Києві»: пояснювальна записка на 80 с., 22 рис., 22 табл., 39 бібліографічних найменування; креслень – 4 арк. формату А1.

Мета проекту – забезпечення теплопостачання низькотемпературної системи опалення та системи гарячого водопостачання житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насоса.

Використані методики теплових та гідравлічних розрахунків теплотехнологічного обладнання.

Наведені результати розрахунків теплових втрат зовнішніми огороженнями будинку у холодний період року, витрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, витрат теплоти на гаряче водопостачання.

За результатами розрахунків витрат теплоти вибране обладнання систем опалення та гарячого водопостачання, що включає тепловий насос, буферну ємність, бойлер непрямого нагріву, розширювальні баки і т. ін. На основі теплових та гідравлічних розрахунків вибрані нагрівальні прилади та трубопроводи. Складена та розрахована система опалення типу «тепла підлога».

На кресленнях наведені теплова схема комбінованої системи теплопостачання, компоновка обладнання цієї системи, схема розводки трубопроводів системи опалення.

Ключові слова: теплопостачання, опалення, тепловий насос, теплота, «тепла підлога», низькотемпературний, нагрівальний прилад.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект первого (бакалаврского) уровня высшего образования на тему: «Система отопления индивидуального жилого дома с использованием почвенного теплового насоса по ул. М. Драгомирова в г.. Киеве»: пояснительная записка на 80 с., 22 рис., 22 табл., 39 библиографических наименований; чертежей – 4 листа формата А1.

Цель проекта – обеспечение теплоснабжения низкотемпературной системы отопления и системы горячего водоснабжения жилого дома с использованием теплового насоса.

Использованы методики тепловых и гидравлических расчётов теплотехнологического оборудования.

Приведены результаты расчётов тепловых потерь внешними ограждениями дома в холодный период года, затрат теплоты на нагревание инфильтрационного воздуха, затрат теплоты на горячее водоснабжение.

В результате расчётов затрат теплоты выбрано оборудование систем отопления и горячего водоснабжения, которое включает тепловой насос, буферную ёмкость, бойлер косвенного нагрева, расширительные баки и т.п. Исходя из тепловых и гидравлических расчётов выбраны отопительные приборы и трубопроводы. Составлена и рассчитана система отопления типа «тёплый пол».

На чертежах приведены тепловая схема комбинированной системы теплоснабжения, компоновка оборудования этой системы, схема разводки трубопроводов системы отопления.

Ключевые слова: теплоснабжение, отопление, тепловой насос, теплота, «тёплый пол», низкотемпературный, нагревательный прибор.

SUMMARY

Bachelor's degree diploma project on the topic: "Individual dwelling house heating system using a ground heat pump on the street. Dragomirova M. in Kyiv": explanatory note includes 80 pages, 22 figures, 22 tables, 39 bibliographic references; drawings – 4 sheets of A1.

Goal of the project – combined supply of heat to the low-temperature heating system and the hot water supply system of the individual house with the assistance of air heat pump.

Thermal and hydraulic design methods were used to calculate thermotechnological equipment.

The next calculation results are given: heat loss from the house's external protecting structures during the cold period of year, expenditure of heat on infiltration air heating, afflux of heat into the rooms from people and electric lighting, expenditure of heat on hot water supply.

As a result of heat expenditure calculations the following equipment of heating and hot water supply systems was chosen: heat pump, condensing electric boiler, buffer vessel, indirect heating boiler, expansion tanks etc. On the basis of thermal and hydraulic calculations heating appliances and piping were chosen. In addition the underfloor heating system was composed and calculated.

The following is shown on the drawings: flow diagram of the combined heat supply system, the system's equipment layout, water piping diagram of the heating system.

Keywords: heat supply, heating, heat pump, heat, underfloor heating, low-temperature, heating appliance

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: Система опалення індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м. Києві

Київ – 2019 року

Зміст

Перелік умовних позначень, скорочень, термінів	9
Вступ	1
1 Характеристика об'єкту і санітарно технічних норм	1
2 Опис теплонасосної системи опалення з використанням теплоти ґрунту	15
2.1 Опис роботи теплового насоса	15
2.2 Особливості використання теплоти ґрунту	17
3 Розрахунок теплових втрат приміщень	22
3.1 Вихідні дані	22
3.2 Теплове навантаження системи опалення	22
3.3 Теплові втрати приміщення	23
3.4 Витрати теплоти через огорожуючі конструкції	23
3.5 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій	24
3.6 Визначення площ огорожувальних конструкцій	30
3.7 Визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції	31
3.8 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря	
3.9 Середня витрата теплоти на опалення	35
3.10 Річна витрата теплоти на опалення	35
4 Розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання	36
5 Вибір обладнання системи теплопостачання	38
5.1 Розрахунок теплої підлоги	40
5.2 Розрахунок фанкойлів для обігріву тераси	50
5.3 Вибір теплового насосу	52

					ТП 51 59 010 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Новіцький Д. І.			Система опалення індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м. Києві Пояснювальна записка	Стадія	Арк.	Аркушів
Керівник		Безродний М. К.				Д П Б	7	78
Н.контр		Боженко М.Ф.				НТУУ «КПІ» кафедра ТПТ		
Зав. Каф.		Варламов Г. Б.						

5.5 Вибір буферної ємності системи опалення	55
5.6 Вибір бойлера системи ГВП.....	55
5.7 Вибір розширювальни баків	59
6 Система кондиціювання повітря.....	63
7 Трубопроводи.....	65
7.1 Гідравлічний розрахенок трубопроводів системи опалення	65
7.2 Вибір насосів системи опалення.....	69
8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	72
8.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації робочих приміщень та основного технологічного обладнання.....	72
8.2 Пожежна безпека.....	75
Висновки	77
Біографічний список	78

Перелік умовних позначень, скорочень, термінів

F – площа поверхні нагріву;

α - коефіцієнт тепловіддачі;

K - коефіцієнт теплопередачі;

t – температура;

Q – тепловий потік;

G – витрата води;

A – температурний множник;

Re – число Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля;

ν - кінематична в'язкість;

ω – швидкість руху теплоносіїв;

d – діаметр;

P – тиск;

V – об'єм;

λ - теплопровідність;

ρ - густина;

c – теплоємність.

Індекси:

– нижні:

о – параметри опалення;

оп – параметри опалювальних приладів;

г – параметри гарячої води;

х – параметри холодної води;

р – розрахункова величина;

з – параметри зовнішнього повітря;

вн – параметри внутрішнього повітря;

с – параметри біля стінки та пристінного шару води;

пл – параметри пластина теплообмінного апарату;

рец – параметри рециркуляційної води;

– верхні:

н – параметри насосів;

зл – параметри точки зламу;

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ср – середнє значення;

рік – річне значення;

л – параметри літнього періоду;

Скорочення:

ТОА – теплообмінний апарат;

ТН – тепловий насос;

ГТО – горизонтальний ґрунтовий теплообмінник;

ВГТО – вертикальний ґрунтовий теплообмінник.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) світова спільнота розглядає як один із найбільш перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення. Наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота НВДЕ є визначальними їх перевагами в умовах вичерпання ресурсів органічного палива та зростаючих темпів забруднення довкілля.

НВДЕ стали останнім часом одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання. Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля, наслідки якого все більше і більше турбують світову спільноту.

Альтернативна енергетика є одним із базових напрямів розвитку технологій у світі, разом із інформаційними та нанотехнологіями вона стає важливою складовою нового постіндустріального технологічного укладу. На сьогодні частка НВДЕ у виробництві енергії у світі ще не є значною (близько 14 %), але їх потенціал на кілька порядків перевищує рівень світового споживання паливно-енергетичних ресурсів. Темпи зростання обсягів виробництва енергії за рахунок НВДЕ також значно перевищують аналогічні для традиційних видів енергії. Так, у найближчі 10 років, прогнозується щорічне зростання світових обсягів виробництва електроенергії традиційної електроенергетики порядком 2,8 %, а електроенергії НВДЕ – 9,2 % [1].

До НВДЕ відносять природні джерела теплоти: сонячна радіація, атмосферне повітря, ґрунт, вода природних і штучних водойм (річок, озер, морів, ставків, водосховищ) та підземні води (ґрунтові, артезіанські, термальні) та, відповідно, техногенні джерела теплоти: вентиляційні викиди споруд, каналізаційні стоки (стічні води), промислові скиди.

В Україні існує значний потенціал НВДЕ, який багаторазово перевищує прогнозовані рівні споживання теплової енергії всіма секторами економіки нашої країни. З іншого боку, проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсу використання основних фондів генерації електроенергії і теплоти, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів шкідливих викидів. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та використанні

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроенергії і теплоти, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більше ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни.

З метою зменшення залежності України від імпортних енергоносіїв потрібно впроваджувати енергоефективні технології та забезпечити ширше застосування НВДЕ за допомогою теплонасосної технології. На сьогоднішній день теплові насоси (ТН), без сумніву, є найбільш перспективними серед джерел нетрадиційної енергетики для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості «черпати» поновлювану енергію з навколишнього середовища. Застосування джерел теплоти на базі теплонасосних установок (ТНУ) в системах теплопостачання у сферах, де це впровадження раціональне й конкурентоспроможне, дасть змогу комплексно вирішити енергетичні, економічні, екологічні й соціальні проблеми, актуальні для України.

Так, геотермальна енергетика є досить перспективним джерелом енергії для України. Ґрунт є найбільш універсальним джерелом низькопотенціальної теплоти, який на глибині 5 м зберігає впродовж усього року постійну температуру на рівні 8–12 °С, забезпечуючи, таким чином, ефективну роботу ТН [2,3]. Для вилучення теплоти з ґрунту та використання його як нижнього джерела теплоти для ТНС теплопостачання застосовуються вертикальні та горизонтальні ґрунтові теплообмінники. Найбільша енергоефективність геотермальних теплонасосних систем (ТНС) досягається при роботі з водяними низькотемпературними системами опалення (30...50 °С): підлогове або стінове опалення. Таким чином, нині широкої популярності набуває поєднання низькотемпературного опалення із сучасною енергозберігаючою технологією генерування теплоти – ТН.

Нині існує декілька методик розрахунку вертикальних ґрунтових теплообмінників [3,4], проте жодна з них не враховує оптимальні умови роботи теплонасосних систем опалення з використанням ВГТО. Тому для виконання поставленої задачі замовником, я дослідив оптимальні умови роботи ВГТО і використовуючи отримані дані, розрахував систему теплонасосного опалення будинку.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

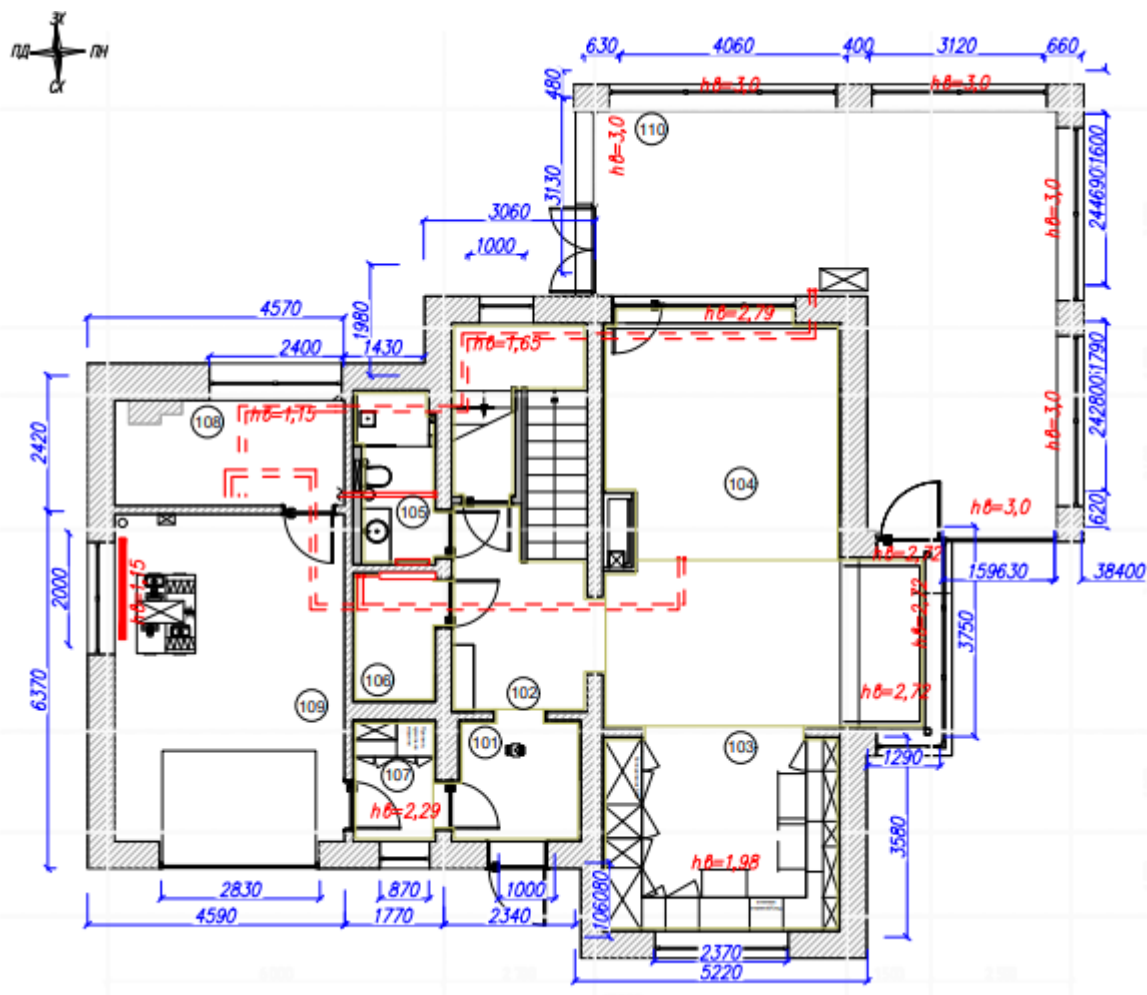
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ І САНІТАРНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

1.1 Опис об'єкту

В дипломній роботі бакалавра розробляється система теплонасосного опалення з використанням теплоти ґрунту для індивідуального житлового будинку, що розташований по вул М. Драгомирова в м. Києві.

Будинок являє собою двоповерхову будівлю без горища та підвалу, загальною площею 272 м², оснащений ґрунтовим тепловим насосом.

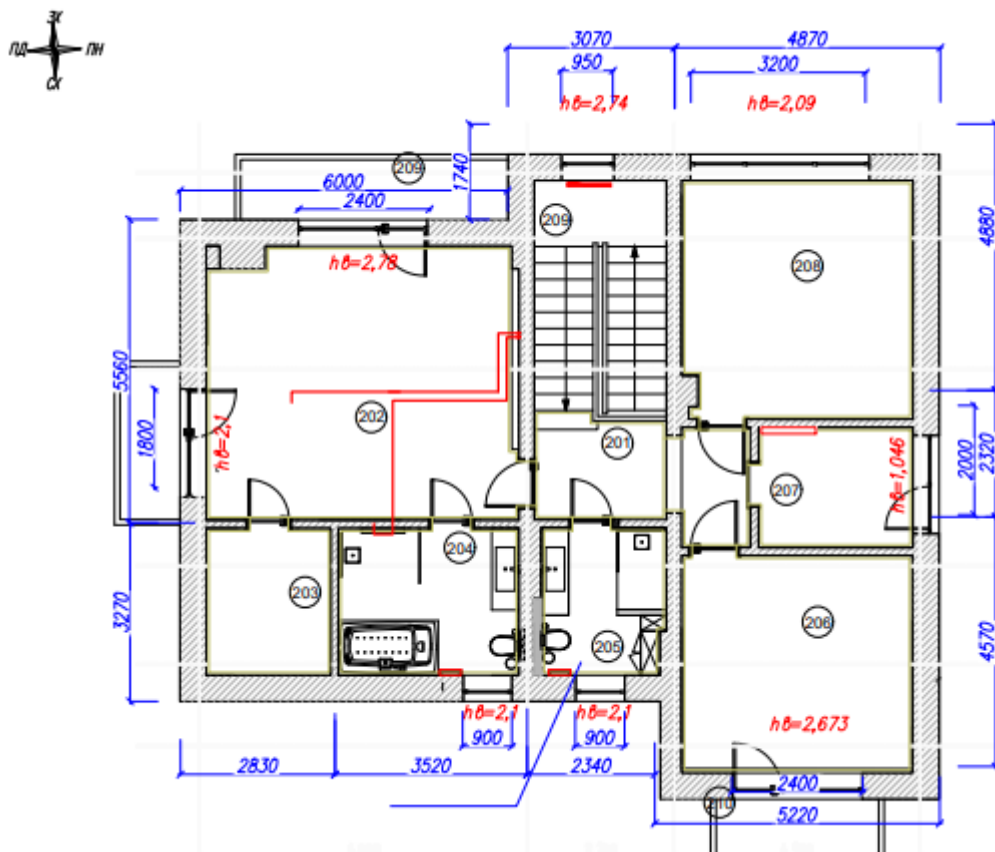
План першого та другого поверхів наведено на рис.1.1 та рис.1.2 Будинок оснащений теплою підлогою.



101 - Передпокій; 102 -Хол; 103 -Кухня; 104 –Вітальня-їдальня; 105 -Санвузол;
106 -Гардероб; 107 - Пральня; 108 –Котельня; 109 -Гараж; 110 –Тераса

Рис. 1.1- План першого поверху

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



201 - Коридор; 202 -Спальня; 203 -Гардероб; 204 – Санвузол; 205 -Санвузол; 206 – Дитяча кімната; 207 - Гардероб 208 –Кабінет; 209 -Сходова.

Рис. 1.2- План другого поверху

1.2 Характеристика зовнішніх огорожень

Покрівля під бітумною черепицею, присутній утеплювач ROCKWOOL руф баттс. Стіни складаються з газо-бетонних блоків, а саме AEROC D 500 який виконує роль несучої конструкції і AEROC Energy D 150 який використано в якості утеплювача, газо-бетонні блоки ізолювані від парів вологи гідроізоляційною мастикою, цементно-стружкових плит та личкувальної цегли в півцегли, в зазорі між якими (50 мм) – повітряний простір Тип перекриття: залізобетонний двопустотний збірний настил, в якості утеплювача використано пінобетон, товщина перекриття $\delta_p=160$ мм.

Тип вікна: двокамерні склопакети VIKNAROFF.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2 ОПИС ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ҐРУНТУ

2.1 Опис роботи теплового насоса

Тепловий насос - це пристрій, який працює за принципом зворотного холодильної машини, передаючи тепло від низькотемпературного джерела до середовища з більш високою температурою, наприклад системі опалення вашого будинку.

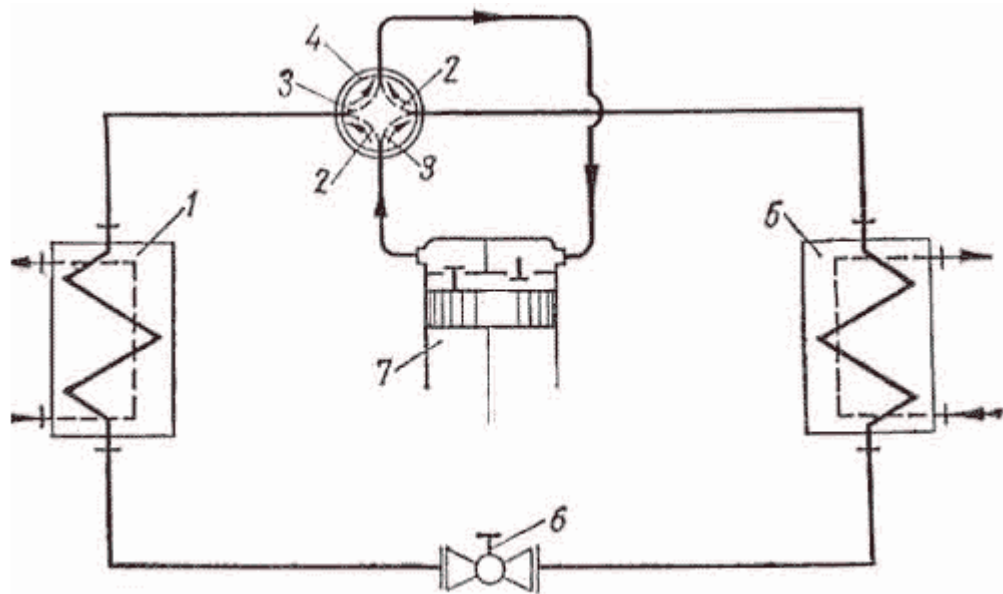
Принцип роботи теплового насоса схожий до роботи звичайного холодильника, тільки навпаки. Холодильник відбирає тепло від харчових продуктів і переносить його назовні. Тепловий насос переносить тепло, накопичене в ґрунті, землі, водоймі, підземних водах або повітрі, у Ваш будинок. Як і холодильник, цей енергоефективний теплогенератор має наступні основні елементи:

- Конденсатор (теплообмінник, в якому відбувається передача тепла від холодоагенту до елементів системи опалення приміщення: низькотемпературних радіаторів, фанкойлів, теплій підлозі);
- Дросель (пристрій, який служить для зниження тиску, температури і, як наслідок, замикання теплофікаційного циклу в тепловому насосі);
- Випарник (теплообмінник, в якому відбувається відбір тепла від низькотемпературного джерела до теплового насоса);
- Компресор (пристрій, в який підвищує тиск і температуру пари холодоагенту).

Принципова схема теплового насоса з вказівкою напрямку руху холодильного агента для опалення та охолодження будівлі наведена на рис.2.1. Зовнішній теплообмінник розташований у джерел тепла, внутрішній - в приміщенні, яке потрібно нагрівати взимку і охолоджувати влітку.

Тепловий насос облаштований таким чином, щоб змусити тепло рухатися в зворотному напрямку. Наприклад, під час нагрівання будинку, тепло відбирається від якого-небудь холодного зовнішнього джерела (землі, річки, озера, зовнішнього повітря) і передається в будинок.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 - зовнішній теплообмінник; 2 - напрямок руху холодоагенту при охолодженні приміщення; 3 - напрямок руху холодоагенту при опаленні приміщення; 4 - чотирьохходовий кран-перемикач; 5 - внутрішній теплообмінник; 6 - регулюючий вентиль; 7 - компресор.

Рис. 2.1- Принципова схема теплового насоса

Для охолодження (кондиціонування) будинку тепло відбирається від більш теплого повітря в будинку і передається назовні. У цьому відношенні тепловий насос схожий на звичайний гідравлічний насос, який перекачує рідину з нижнього рівня на верхній, тоді як у звичайних умовах рідина завжди рухається з верхнього рівня на нижній.

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженими є парокомпресійні теплові насоси. В основу принципу їх дії лежать два явища: по-перше, поглинання і виділення тепла рідиною при зміні агрегатного стану - випаровування і конденсація, відповідно; по-друге, зміна температури випаровування (і конденсації) при зміні тиску.

У випарнику теплового насоса робочим тілом є - холодоагент, який не містить хлору, - він знаходиться під низьким тиском і кипить при низькій температурі, поглинаючи тепло низькопотенційного джерела. Потім робоче тіло стискається в компресорі, який приводиться в рух за допомогою електричного або іншого двигуна, і потрапляє в конденсатор, де при високому тиску конденсується при більш високій температурі, віддаючи тепло конденсації приймачу тепла, наприклад, теплоносія системи опалення. З конденсатора робоче тіло через дросель знову потрапляє у випарник, де його тиск знижується, і процес кипіння холодоагенту починається знову.

Тепловий насос здатний відбирати тепло від декількох джерел, наприклад, повітря, води або землі. Таким же шляхом він може скидати тепло в повітря, воду або землю. Більш тепле середовище, яка сприймає тепло, називається теплоприймачем. Залежно від типу джерела і приймача тепла, випарник і конденсатор можуть бути виконані як теплообмінники типу "повітря-рідина", так і "рідина-рідина".

Регулювання роботи системи опалення з використанням теплових насосів в більшості випадках здійснюється за допомогою його включення і виключення по сигналу датчика температури, який встановлений в приймачі (при нагріванні) або джерелі (при охолодженні) тепла. Налаштування теплового насоса зазвичай здійснюється зміною перетину дроселя (терморегулюючого вентиля).

Як і холодильна машина, тепловий насос використовує механічну (електричну або іншу) енергію для реалізації термодинамічного циклу. Ця енергія використовується на привід компресора (сучасні теплові насоси потужністю до 100 кВт комплектуються високоефективними скрол компресорами). Коефіцієнт перетворення (коефіцієнт трансформації або ефективності) теплового насоса - це співвідношення кількості теплової енергії яку виробляє тепловий насос до кількості електричної енергії, яку вона споживає. Коефіцієнт перетворення залежить від рівня температур у випарнику і конденсаторі теплового насоса. Це значення коливається для різних теплонасосних систем в діапазоні від 2,5 до 7, тобто на 1 кВт витраченої електричної енергії тепловий насос виробляє від 2,5 до 7 кВт теплової енергії, що не під силу ні конденсаційному газовому котлу, ні будь-якого іншого генератору тепла. Тому можна стверджувати, що парокомпресійні теплові насоси виробляють тепло, використовуючи мінімальну кількість дорогої електричної енергії. Температурний рівень теплопостачання від теплових насосів - 35-60 °С. Економія дорогих енергетичних ресурсів при такому температурному режимі досягає 75%.

2.2 Особливості використання теплоти ґрунту для теплонасосних систем опалення

За видом теплоносія у вхідному (ґрунтовий контур, зовнішнє повітря, водне джерело і ін.) і вихідному (система опалення, гаряче водопостачання, охолодження) контурах теплові насоси діляться на шість типів: ґрунт-вода, вода-вода, повітря-вода, ґрунт -повітря, вода-повітря, повітря-повітря.

Ґрунт - це найбільш універсальне джерело розсіяного тепла. Він акумулює сонячну енергію і цілий рік підігрівається від земного ядра. При цьому він завжди "під ногами" і

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

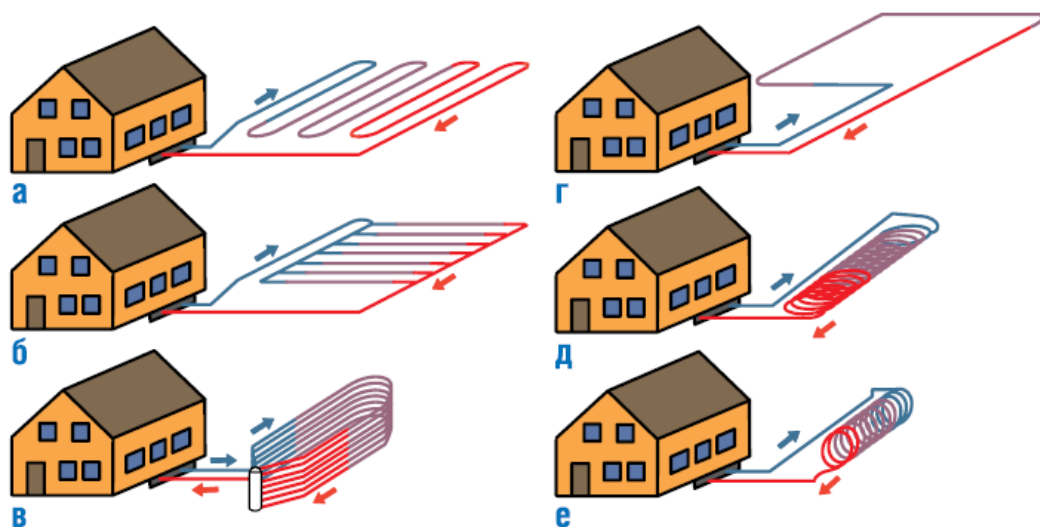
здатний віддавати тепло в незалежності від погоди. Бо вже на глибині 5-7 м температура практично постійна протягом усього року. Для більшої території України вона становить 8-12 ° С, що цілком достатньо для облаштування високоефективної системи опалення та охолодження. Більш того, у верхніх шарах землі мінімальне значення температури досягається на кілька місяців пізніше від піків морозів - потреба в інтенсивному обігріві за допомогою теплового насоса ґрунт-вода до тієї пори зменшується. В цілому ж ґрунт досить надійно постачає калорії для теплового насоса. Необхідна енергія збирається ґрунтовим теплообмінником, заглибленим у землю, і акумулюється в теплоносії, який потім подається у випарник теплового насоса і повертається назад за новою порцією тепла. В якості такого носія використовується незамерзаюча, екологічно безпечна рідина (її ще також називають "розсол" або антифризом). У більшості теплових насосів ґрунт-вода використовується розчин води і пропіленгліколю або етиленгліколю.

Є й інша схема відбору тепла, коли замість "розсолу" в контурі циркулює фреон, який перетворюється на пару безпосередньо в трубах теплосбірника. Хоч ця схема трошки підвищує ККД теплового насоса, але її експлуатація складна і небезпечна для навколишнього середовища.

Сьогодні найбільш популярний тепловий насос ґрунт-вода з "розсол". У цих геотермальних теплових насосах використовується два види теплообмінників: ґрунтовий колектор і ґрунтовий зонд. Обидва виконуються з поліетиленових труб діаметром до 40 мм з добавками теплопровідного пластифікатора.

Ґрунтовий колектор (горизонтальний колектор) являє собою довгу трубу, горизонтально вкладену під шаром ґрунту. Головна перевага горизонтального колектора - універсальність і простота монтажу. Недолік - велика площа під ґрунтовий колектор - 25-50 м² на 1 кВт потужності теплового насоса (причому майданчик можна використовувати лише під газон або однорічні квіти). На рис 2.2 показано декілька схем укладання труб ґрунтового теплообмінника.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а – теплообмінник з послідовно з'єднаних труб; б - теплообмінник з паралельно з'єднаних труб; в – горизонтальний колектор, укладений в траншеї; г – теплообмінник в формі петлі; д - теплообмінник в формі спіралі, розташований горизонтально ("Slinky" колектор); е - теплообмінник в формі спіралі, розташований вертикально.

Рис 2.2- Види горизонтальних ґрунтових теплообмінників

Вибір способу укладання горизонтального колектора визначається теплопровідністю ґрунту і геометрією ділянки. Продуктивність ґрунтового теплообмінника більше на зволжених суглинках і значно менше на сухих піщаних ділянках. У середньому 1 м^2 поверхні ґрунту може забезпечити "постачання" 10-35 Вт потужності. Довжину труби ґрунтового колектора геотермального теплового насоса в одній петлі, причому суцільний, без з'єднань, прагнуть обмежити (не більше 600 м), так як виросте витрата електричної енергії на циркуляційний насос і власне на тепловий насос. Якщо потрібна велика потужність теплового насоса ґрунт-вода, то петель ґрунтового колектора роблять кілька.

Вертикальні колектори (вертикальні теплообмінники) - це система довгих труб, які опущені в глибоку свердловину (40-150 м). Тепловий насос ґрунт-вода з використанням вертикального теплообмінника зображений на рис. 2.3. Він потребує лише клаптику землі, але також потрібні дорогі роботи з буріння. На глибині завжди однакова температура - близько 10°C , тому вертикальні колектори потужніші від горизонтальних колекторів.

Один метр довжини вертикального теплообмінника дає від 30 до 100 Вт теплової енергії, залежно від ґрунту.

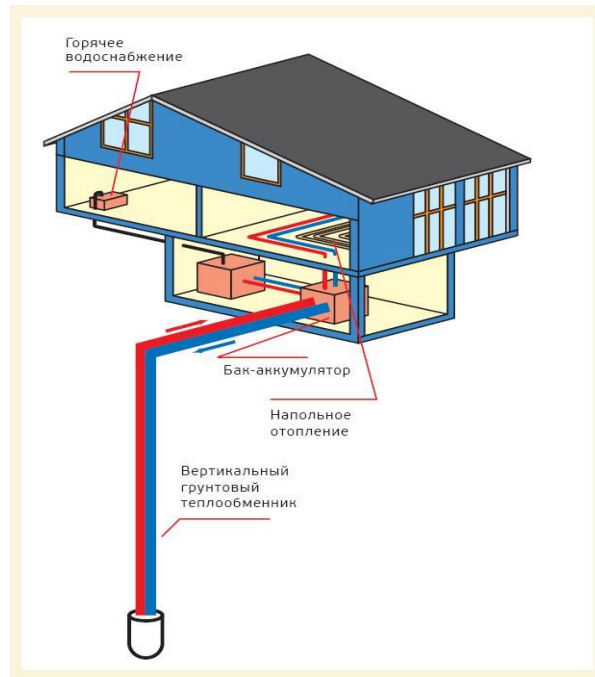


Рис. 2.3- Вертикальний ґрунтовий теплообмінник

Відомо близько десяти різних конструкцій вертикальних колекторів, навіть досить незвичайних (наприклад, у вигляді труб, забетонованих в палі фундаменту будинку). Але найбільш вживаними є дві: труба в трубі і U-подібна. За однією лінії "розсіл" подається циркуляційним насосом вниз, а за іншою ним же піднімається вгору, до випарника теплового насоса. У глибоких свердловинах трубопроводи вертикального теплообмінника завжди захищають обсадної трубою, в дрібних не завжди.

Для поліпшення теплопередачі і підвищення міцності вертикального колектора зазор між землею або обсадної трубою і робочими трубами заповнюється бетоном або бетоном. Якщо потрібно отримати велику потужність, таких вертикальних теплообмінників роблять кілька. Відстані між вертикальними колекторами становить 5-7 м [4].

У вертикальних колекторів, окрім високої вартості, є ще один недолік, це отримання від служби Держводнагляду дозволу на буріння глибокої свердловини під вертикальний теплообмінник. Тому що, ймовірно обмерзання ґрунту здатне порушити поведінку водоносних шарів. Тому для невеликих котеджів краще закладати замість однієї

глибокої, кілька дрібніших (30-50 м) свердловин під вертикальний колектор, оскільки на них схвалення чиновників не потрібно.

У [3] наведена методика розрахунку ВГТО, згідно з якою глибину свердловини можна знайти за формулою

$$L_c = \frac{10^3 \cdot Q_{TH}}{q_c} \cdot \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right), \quad (2.1)$$

де q_c - питомий тепловий потік, Вт/м, віднесений до 1м свердловини;

Q_{TH} - теплова потужність теплового насоса, кВт;

φ - коефіцієнт трансформації.

Дана формула містить невідому величину φ , в зв'язку з цим, нами було розширено і доповнено дану методику.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ПРИМІЩЕНЬ

3.1 Вихідні дані

Визначаємо кліматологічні дані для м. Києва [5]:

- тривалість опалювального періоду складає $n_{on} = 187$ діб [5];
- середня температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{p.o} = -22$ °C [5].

Температура внутрішнього повітря приймається $t_{вн} = 20$ °C [5].

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішніх поверхонь стін $\alpha_6 = 8,7$ Вт/(м²К).

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни до оточуючого повітря $\alpha_3 = 23$ Вт/(м²К).

Коефіцієнт теплопередачі через вікна (двокамерні склопакети VIKNAROFF 4-10-4-10-4) $K_{вік} = 2,08$ Вт/(м²К).

Коефіцієнт теплопередачі через зовнішні двері (з цільного дерева) $K_{дв.зовн} = 1,9$ Вт/(м² К).

Коефіцієнт теплопередачі через металопластикові двері $K_{дв.балк} = 1,67$ Вт/(м² К).

Коефіцієнт теплопередачі через гаражні секційні ворота (виробництва компанії «Ryterna») $K_{вор} = 1,0$ Вт/(м²К).

Висота поверху будинку $H = 3$ м.

Кількість людей які знаходяться в будівлі $n = 5$, з яких 3 чоловіка и 2 жінки.

3.2 Теплове навантаження системи опалення

Розрахунок теплового навантаження опалення має здійснюватися за формулою:

$$Q = Q_{втр} + Q_2 - Q_3, \quad (3.1)$$

де $Q_{втр}$ – розрахункові втрати теплоти будинку, кВт;

Q_2 – втрати теплоти трубопроводами, які прокладені в неопалюваних приміщеннях,

Q_3 – тепловий потік, який поступає в приміщення через вікна та прозорі конструкції, від обладнання та людей, кВт.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Теплові втрати приміщення

Теплові втрати приміщення, громадських та промислових будівель, кВт, розраховуються для холодного періоду року за формулою:

$$Q_{втр} = \Sigma Q_{ог.і} + Q_{інф}, \quad (3.2)$$

де $\Sigma Q_{ог.і}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт;

$Q_{інф}$ – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, яке надходить до приміщень, кВт.

3.4 Втрати теплоти через огорожувальні конструкції

Втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції складаються з основних та додаткових і розраховуються для кожного елемента огорожувальної конструкції за формулою

$$Q_{ог.і} = (1/r_i) F_i \Delta t_i (1 + \Sigma \beta) n_i \cdot 10^{-3}, \quad (3.3)$$

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, (м²·К)/Вт;

F_i – поверхня елемента огорожувальної конструкції, що передає теплоту, м²;

Δt_i – розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °С;

n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу (згідно СНиП II-3-79*, $n = 1$ для всіх зовнішніх стін даного будинку);

$\Sigma \beta$ – додаткові втрати теплоти в частках до основних;

K_i – коефіцієнт теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К).

Термічний опір теплопередачі

$$r_i = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z}, \quad (3.4)$$

де $\alpha_{вн} = 8,7$ та $\alpha_z = 23$ – коефіцієнти тепловіддачі для внутрішнього та зовнішнього повітря відповідно, Вт/(м²·К) [5];

δ_i та λ_i – товщина (м) та теплопровідність (Вт/(м·К)) матеріалів окремих шарів огорожень.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхні F_i зовнішніх стін визначаються за зовнішніми розмірами, поверхні вікон – за розмірами у світлі, поверхні перекриття (підлоги) – за внутрішніми розмірами.

Різниця температур Δt_i визначається за рекомендаціями при висоті приміщень $H_n=4\text{м}$.

Якщо висота приміщення $H_n \leq 4\text{ м}$ (наприклад, житлові будівлі), то величина

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}, \quad (3.5)$$

де $t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура повітря усередині приміщень;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення[5].

Різниця температур для приміщень, суміжних із навколишнім середовищем:

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}} = 20 - (-22) = 42^\circ\text{C},$$

Значення додаткових втрат теплоти у частках до основних беруть наступними[5]:

– для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожень, які орієнтовані за напрямками, звідки в січні дме вітер зі швидкістю, що перевищує 4,5 м/с з повторюваністю не менше як 15 % – 0,05 при швидкості вітру до 5 м/с і 0,10 – при швидкості 5 м/с і більше; при типовому проектуванні додаткові втрати теплоти рекомендовано враховувати у розмірі 0,05 для всіх приміщень;

– для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожень багатоповерхових будівель з кількістю поверхів 16 і більше – 0,20 для першого та другого поверхів, 0,15 – для третього і 0,10 для четвертого поверхів; для 10...15 –поверхових будинків – 0,10 для першого і другого поверхів і 0,15 – для третього поверху.

Згідно з [5] для вертикальних та похилих огорожуючих конструкцій при розрахунковій швидкості зовнішнього повітря (в січні) $\Sigma\beta = 0,05$.

3.5 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій

– Стіни

Теплофізичні характеристики конструкції зовнішніх стін наведено у табл. 3.1.

Стіни хоча й мають велику площу, але є добре утепленними – тому втрати через них будуть не над-то високі. Будівля будувалась з газобетонних блоків, які є добрими теплоізоляторами.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для стін будинку

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ Вт/(м·К)	δ мм
Цементно-піщана штукатурка	1,2	20
Цементно-стружкова плита	0,26	35
Гідроізоляційна мастика	1,05	5
Газо-бетонний блок AEROC D500 200/250/600	0,12	200
Газо-бетонний блок AEROC D 150 100/200/600	0,05	100
Гідроізоляційна мастика	1,05	5
Цементно-стружкова плита	0,26	35
Повітряний простір	0,4	50
Личкувальна цегла в півцегли	0,6	60

Термічний опір зовнішніх стін розраховується за формулою (3.4):

$$r_{cm} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,005}{1,05} + \frac{0,035}{0,26} + \frac{0,2}{0,12} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,035}{0,26} + \frac{0,005}{1,05} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,06}{0,6} + \frac{1}{23} = 4,35 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для стін рівний:

$$K_{cm} = \frac{1}{r_{cm}} = \frac{1}{4,35} = 0,23 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$

— Покрівля

Теплофізичні характеристики конструкції покрівлі наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для покрівлі будинку

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ Вт/(м·К)	δ мм
Шар гіпсокартону	0,16	10
Повітряний простір	0,4	50
Лати з дощок	0,13	25
Пароізоляція «Delta Reflex»	0,04	2
Утеплювач ROCKWOOL руф баттс	0,038	200
Повітряний простір	0,4	50
Лати з дощок	0,13	25
Бітумна черепиця «Devonshire AR»	0,26	5

Термічний опір покрівлі розраховується за формулою (3.4):

$$r_{\text{покрів}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,16} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,025}{0,13} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,2}{0,038} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,025}{0,13} + \frac{0,005}{0,26} + \frac{1}{23} = 6,19 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для покрівлі рівний:

$$K_{\text{покрів}} = \frac{1}{r_{\text{покрів}}} = \frac{1}{6,19} = 0,162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}.$$

– Підлога першого поверху

Площа підлоги, що розташована на ґрунті, поділяється на 4 зони, які паралельні зовнішнім стінам, шириною по 2 м (для першої, другої та третьої зон, а для четвертої – все, що залишилося). На рис. 1.1 показана компоновка приміщення та його розміри. Виходячи з них, а також з рис. 2.1 на якому вказані теплові зони будинку була розрахована площа для першої, другої та третьої зони відповідно F_1 , F_2 , F_3 . В нашому випадку четверта зона відсутня.

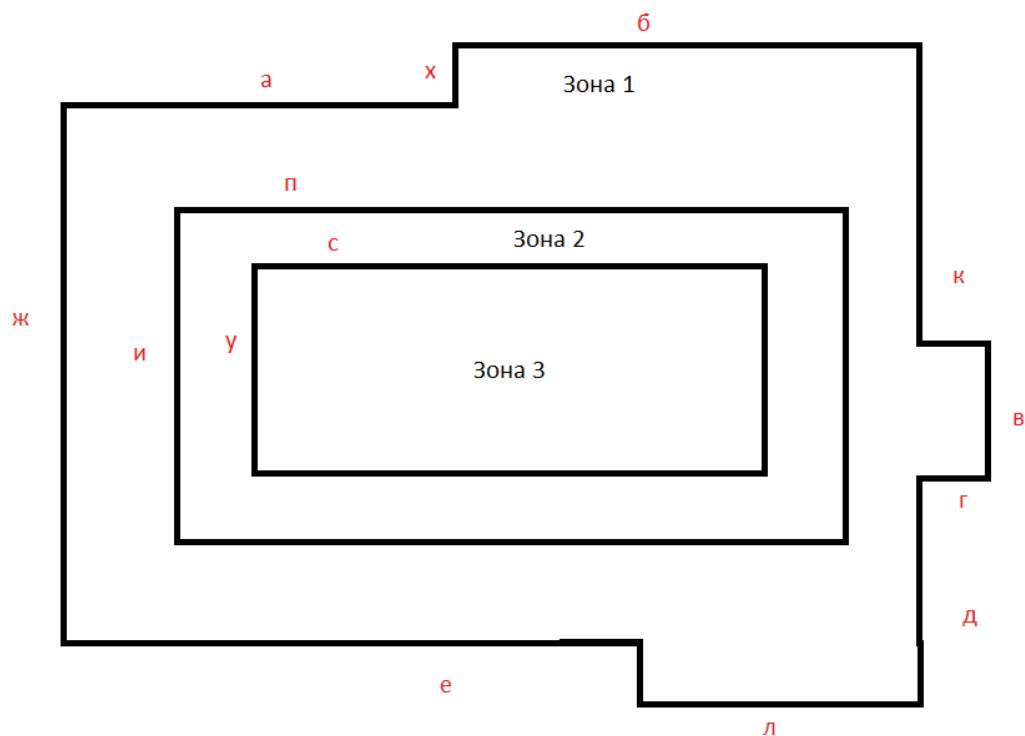


Рисунок 2.1 - Теплові зони будинку

$$F_3 = c \cdot y; \quad (3.5)$$

$$F_2 = u \cdot l - F_3; \quad (3.6)$$

$$F_1 = ж \cdot e + z \cdot в + (б - z) \cdot х + z \cdot (2 \cdot 2) - F_2 - F_3. \quad (3.7)$$

де с, у, и, з, р, й, м, л, ж, е, г, в, б, х – довжини відповідних сторін, які вказані на рис.

2.1; z – кількість кутів першої зони, що прилягають до краю будинку.

Проведемо розрахунок площ за формулами (3.5), (3.6), (3.7).

$$F_3 = 0,790 \cdot 6 = 4,74 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 4,790 \cdot 8 - 4,74 = 33,58 \text{ м}^2;$$

$$F_1 = 13,16 \cdot 11,26 + 5,3 \cdot 8,75 + (6,4 - 5,3) \cdot 1,8 + 6 \cdot (2 \cdot 2) - 33,58 - 4,74 = 163,15 \text{ м}^2.$$

Термічні опори теплопередачі окремих зон не утепленої підлоги (згідно з довідковою літературою [5]) складають:

- для першої зони – $r_1 = 2,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для другої зони – $r_2 = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для третьої зони – $r_3 = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для четвертої зони – $r_4 = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

Таким чином, для не утепленої підлоги:

$$\sum \frac{F_i}{r_i} = \frac{F_1}{r_{(yn)1}} + \frac{F_2}{r_{(yn)2}} + \frac{F_3}{r_{(yn)3}} + \frac{F_4}{r_{(yn)4}}, \quad (3.8)$$

Якщо в конструкції підлоги є утеплювач, теплопровідність якого складає $\lambda_y \leq 1,163 \text{ Вт/(м·К)}$, то підлога вважається утепленою, а термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги розраховуються за формулою:

$$r_{(yn)i} = r_{(nn)i} + \sum \frac{\delta_{yi}}{\lambda_{yi}}, \quad (3.9)$$

де δ_{yi} та λ_{yi} – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м·К), окремих шарів утеплювача відповідно.

Таблиця 3.3 - Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для підлоги першого поверху

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ Вт/(м·К)	δ мм
Плитка керамічна	1,5	12
Система теплої підлоги в мокрій стяжці	1,51	60
Пароізоляція «Delta Reflex»	0,04	2
Утеплювач ROCKWOOL флор баттс	0,037	100
Пароізоляція «Delta Reflex»	0,04	2
Чорнова стяжка	1,51	100
Утеплюючий керамзит	0,16	300
Будівельний пісок з вологістю 10%	0,97	150

Далі проводимо розрахунок теплових втрат через підлогу для панельної системи опалення. Будемо враховувати при розрахунку в формулі (2.9) всі складові підлоги з таблиці 3.3.

Для першої зони:

$$r_{(yn)1} = 2,15 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} = 7,06 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

для другої зони:

$$r_{(yn)2} = 4,3 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} = 9,21 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

для третьої зони

$$r_{(yn)3} = 8,6 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} = 13,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Таким чином, підставляючи отримані термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги в формулу (2.8), отримаємо величину $\sum \frac{F_i}{r_i}$, Вт/К, для підлоги, яка

опалюється панельним опаленням:

$$\sum \frac{F_i}{r_i} = \frac{163,15}{7,06} + \frac{33,58}{9,21} + \frac{4,76}{13,51} = 27,09 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

– Перекриття, суміжне з горищем

Коефіцієнти теплопередачі деяких будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій наведені в [5]. Термічний опір повітряного прошарку горища згідно з [5] становить $r_n = 0,28 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$. Перекриття складається з листа ДСП і утеплювача ROCKWOOL руф байтс, товщина і теплопровідність яких, відповідно, дорівнюють $\delta_{дсп} = 0,025 \text{ м}$, $\delta_{ут} = 0,2 \text{ м}$ та $\lambda_{дсп} = 0,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\lambda_{ут} = 0,042 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Враховуючи це, загальний термічний опір теплопередачі переkritтя, суміжного з горищем, дорівнює:

$$r_{\text{зоп}} = r_n + \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_{дсп}}{\lambda_{дсп}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.10)$$

де $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $\alpha_3 = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ [5].

$$r_{\text{зоп}} = 0,28 + \frac{1}{8,7} + \frac{0,025}{0,2} + \frac{0,2}{0,042} + \frac{1}{12} = 5,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі для перекриття, суміжного з горищем, рівний:

$$K_{\text{зоп}} = \frac{1}{r_{\text{зоп}}} = \frac{1}{5,25} = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (3.11)$$

3.6 Визначення площ огорожувальних конструкцій

– Площа вікон

1-го вікна: 1,99 м² ;

2-го вікна: 2,3 м² ;

3-го вікна: 2,76 м² ;

4-го вікна: 1,65 м² ;

5-го вікна: 17,21 м² ;

6-го вікна: 4,69 м² ;

7-го вікна: 8,37 м² ;

8-го вікна: 6,48 м² ;

9-го вікна: 1,89 м² ;

10-го вікна: 1,89 м² ;

11-го вікна: 3,78 м² ;

12-го вікна: 6,67 м² ;

13-го вікна: 2,6 м² ;

14-го вікна: 6,68 м² ;

15-го вікна: 2,09 м² .

Загальна площа вікон:

$$F_{\text{вік}} = 71,05 \text{ м}^2.$$

– Площа зовнішніх дверей та гаражних секційних воріт.

Розміри 1-го типу дверей: 1×2,28 м² (1 шт.);

Розміри гаражних секційних воріт: 2,83×2,5 м² (1 шт.);

Загальна площа дверей та гаражних воріт:

$$F_{\text{д}} = 2,28 + 7,075 = 9,355 \text{ м}^2$$

– Площа зовнішніх стін

Загальна площа зовнішніх стін розраховується за формулою:

$$F_{\text{ст}} = P \cdot H - F_{\text{вік}} - F_{\text{дв.,вор}}, \quad (3.14)$$

де Р – зовнішній периметр будинку, м. Р = 105 м (визначено з плану будинку);

Н – висота поверху, м.

Загальна площа зовнішніх стін рівна:

$$F_{\text{ст}} = 105 \cdot 3 - 71,05 - 9,355 = 234,595 \text{ м}^2.$$

3.7 Визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції

Втрати теплоти через вікна

$$Q_{\text{вік}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{вік}} = 2,08 \cdot 71,05 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 6,20 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через зовнішні двері та гаражні секційні ворота

$$Q_{\text{дв.,вор}} = (K_{\text{дв.зовн}} \cdot F_{\text{дв}} + K_{\text{вор}} \cdot F_{\text{вор}}) \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{дв.,вор}} = (1,9 \cdot 2,28 + 1 \cdot 7,075) \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,50 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через підлогу для панельного опалення

$$Q_{\text{під}} = \sum \frac{F_i}{r_i} (t_{\text{л}} - t_{\text{п.о}}) n \cdot 10^{-3}, \quad (3.18)$$

де $t_{\text{л}}$ - це лагорифімічний температурний напір, який розраховується за формулою (2.19)

$$t_{\text{л}} = (t_{\text{нод}} - t_{\text{нов}}) / \ln \frac{t_{\text{нод}}}{t_{\text{нов}}} \quad (3.19)$$

$$t_{\text{л}} = (40 - 35) / \ln \frac{40}{35} = 37,44 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$Q_{\text{під}} = 27,09 \cdot (37,44 - (-22)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,31 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через зовнішні стіни

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta t \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.20)$$

$$Q_{\text{ст}} = 0,23 \cdot 234,59 \cdot 42 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,3 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через перекриття, що суміжне з горищем

$$Q_{\text{гор}} = K_{\text{гор}} \cdot F_{\text{гор}} \cdot \Delta t_{\text{гор}} \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.21)$$

$$Q_{\text{гор}} = 0,19 \cdot 163,15 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,24 \text{ кВт}.$$

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати теплоти через гараж, який опалюється радіаторами

Витрати теплоти через стіни в гаражі

$$Q_{cm, z} = K_{cm} \cdot F_{cm, z} \cdot \Delta t \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.22)$$

$$Q_{cm, z} = 0,23 \cdot 32,88 \cdot (20 + 22) \cdot 10^{-3} = 0,88 \text{ кВт}.$$

Витрати теплоти через гаражні ворота

$$Q_{вор} = K_{вор} \cdot F_{вор} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.23)$$

$$Q_{вор} = 1,7,075 \cdot (20 + 22) \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ кВт}.$$

Витрати теплоти через підлогу в гаражі

$$Q_{nid, z} = \sum \frac{F_i}{r_i} (t_{вн} - t_{p.o}) n \cdot 10^{-3}, \quad (3.24)$$

$$Q_{nid, z} = 3,72 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ кВт}.$$

Витрати теплоти через вікно яке знаходиться в гаражі

$$Q_{вік, z} = K_{вік} \cdot F_{вік} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.25)$$

$$Q_{вік, z} = 2,08 \cdot 2,3 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,20 \text{ кВт}.$$

Витрати теплоти через гараж

$$Q_z = Q_{вор} + Q_{cm, z} + Q_{nid, z} + Q_{вік, z}, \quad (3.26)$$

$$Q_z = 0,88 + 0,29 + 0,16 + 0,20 = 1,53 \text{ кВт}.$$

Витрати теплоти через терасу, яка отоплюється повітрорудвкою.

Витрати теплоти через стіни тераси

$$Q_{cm, z} = K_{cm} \cdot F_{cm, z} \cdot \Delta t \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.27)$$

$$Q_{cm, z} = 0,23 \cdot 11,95 \cdot (10 + 22) \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через підлогу на терасі

$$Q_{\text{під.з}} = \sum \frac{F_i}{r_i} (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) n \cdot 10^{-3}, \quad (3.28)$$

$$Q_{\text{під.з}} = 6,9 \cdot (10 - (-22)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через вікна які розміщені на терасі

$$Q_{\text{вік.з}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.29)$$

$$Q_{\text{вік.з}} = 2,08 \cdot 54,15 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,20 \text{ кВт}.$$

Витрати теплоти через терасу

$$Q_T = Q_{\text{вор}} + Q_{\text{ст.з}} + Q_{\text{під.з}} + Q_{\text{вік.з}}, \quad (3.30)$$

$$Q_T = 0,08 + 0,22 + 3,20 = 3,5 \text{ кВт}.$$

Загальні втрати теплоти будинку через огорожувальні конструкції

$$Q_{\text{ог}} = Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв.,ворст}} + Q_{\text{під}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{дор}} + Q_T, \quad (3.31)$$

$$Q_{\text{ог}} = 6,20 + 0,50 + 1,31 + 3,3 + 0,24 + 3,5 = 14,05 \text{ кВт}.$$

3.8 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря

Як правило, інфільтрація холодного повітря всередину приміщень відбувається крізь наявні в них нещільності в конструкціях світлових і дверних прорізів, за наявності неущільнених стиків стін, а також при виявленні відкритих прорізів у огорожувальних конструкціях. У ході проведення робіт з енергетичного аудиту будівель такі місця тепловтрат виявляються за допомогою вимірювальних приладів або органолептичним методом. Після цього заміряються розміри виявлених щілин (нещільностей) або прорізів, і за допомогою вимірювального обладнання (анемометра) вимірюється значення швидкості повітря, що інфільтрується крізь них.

Для практичних розрахунків під час проведення зазначених робіт інфільтрацію повітря крізь суцільні (без явних тріщин) стінові конструкції обстежуваної будівлі проводити не рекомендується внаслідок їх високого опору до проникнення повітря.

Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря $Q_{\text{інф}}$, Вт, розраховуються для кожного опалюваного приміщення, яке має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей в зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігріву

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрівальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину за формулою [5]

$$Q_{inf} = (1/3600) \cdot c_{пов} \cdot \rho_{пов} \cdot F_n \cdot h \cdot (t_{вн} - t_{р.о}) \cdot k, \quad (3.32)$$

де $c_{пов}$ – питома масова теплоємність повітря, Дж/(кг·К), яку можна взяти 1005 Дж/(кг·К);

$\rho_{пов}$ – густина повітря, кг/м³, яка розраховується за точною формулою [10], або її можна наближено взяти 1,2 кг/м³;

F_n – площа підлоги приміщення, м²;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не більше 3,5 м;

k – розрахункова кратність повітрообміну: для кімнат – 0,3; для приміщень з камінами та подібних ним – 0,8; для кухонь та санвузлів – 1,0.

Висота поверхів в даному будинку складає $h = 3$ м.

Площа кімнат становить $F_{п.кім} = 134,36$ м². Площа кухні та санвузлів становить $F_{п.кух} = 34,41$ м². Площі приміщень визначено з плану будинку.

За формулою (4.29) витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря складають:

для кімнат

$$Q_{inf.кім} = (1/3600) \cdot 1005 \cdot 1,2 \cdot 228,17 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 0,3 = 2389 \text{ Вт};$$

для кухні та санвузлів

$$Q_{inf.кух} = (1/3600) \cdot 1005 \cdot 1,2 \cdot 34,41 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1,0 = 992 \text{ Вт}.$$

Загальні витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря

$$Q_{inf} = Q_{inf.кім} + Q_{inf.кух}, \quad (3.33)$$

$$Q_{inf} = 2889 + 1452 = 4341 \text{ Вт} = 3,34 \text{ кВт}.$$

Розрахунок витрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря через реальні нещільності може втрачати зміст при ущільнених сучасних вікнах та дверях. Отримані значення інфільтрації можуть виявитись настільки малими, що не будуть задовольняти санітарним нормам з повітрообміну. І тоді сучасні виробники пластикових вікон роблять в них спеціальні клапани для збільшення інфільтрації. Інакше кажучи, ми вимушені відкривати квартиру і, тим сами, все рівно збільшуємо інфільтрацію до комфортних умов. Таким чином правильно було б користуватись формулами, отриманими із міркувань

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досягнення комфортних умов для даного типу приміщення в залежності від кількості людей, режиму їх перебування в приміщенні тощо.

За формулою (4.2) теплові втрати будинку становлять:

$$Q_{втр} = 14,05 + 3,34 = 17,39 \text{ кВт}.$$

3.9 Середня витрата теплоти на опалення

Середня витрата теплоти на опалення розраховується за формулою

$$Q_o^{cp} = Q \frac{t_{вн} - t_{cp.o}}{t_{вн} - t_{p.o}}, \quad (3.33)$$

де $t_{cp.o}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період. Для Києва $t_{cp.o} = -1,1^\circ\text{C}$.

Тоді:

$$Q_o^{cp} = 17,39 \frac{20 - (-1,1)}{20 - (-22)} = 8,71 \text{ кВт}.$$

3.10 Річна витрата теплоти на опалення

Річна витрата теплоти на опалення, кВт·год/рік, розраховується за формулою

$$Q_o^{pч} = Q_o^{cp} n_{оп} \cdot 24, \quad (3.34)$$

де, $n_{оп}$ – тривалість опалювального періоду, діб;

Q_o^{cp} – середня витрата теплоти на опалення, кВт.

За [5] для м. Києва $n_{оп} = 187$ діб. Тоді

$$Q_o^{pч} = 8,71 \cdot 187 \cdot 24 = 43718 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Середні витрати теплоти на гаряче водопостачання за опалювальний період розраховуються за формулою

$$Q_{\text{г.в}}^{\text{ср}} = K_{\text{т.п}} M_{\text{г.в}} c_{\text{в}} (t_{\text{г.в}} - t_{\text{х.з}}), \quad (4.1)$$

де $K_{\text{т.п}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від трубопроводів системи ГВП та витрати теплоти на опалення ванних кімнат, $K_{\text{т.п}} = 1,2$;

$c_{\text{в}}$ – теплоємність води, $c_{\text{в}} = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$t_{\text{г.в}}$ – температура гарячої води у споживача, $t_{\text{г.в}} = 55^\circ\text{C}$;

$t_{\text{х.з}}$ – температура холодної водопровідної води в зимовий період, $t_{\text{х.з}} = 5^\circ\text{C}$;

Величина масової витрати гарячої води визначається за формулою

$$M_{\text{г.в}} = \frac{m \cdot a}{24}, \quad (4.2)$$

де m – кількість людей, які використовують гарячу воду в будинку, $m = 5 \text{ чол.}$;

a – норма витрати гарячої води на одну людину за добу, $a = 90 \text{ кг/добу}$ [8].

$$M_{\text{г.в}} = \frac{5 \cdot 90}{24} = 18,75 \frac{\text{кг}}{\text{доб}} = 5,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

За формулою (5.1) розрахуємо середні витрати теплоти на гаряче водопостачання за опалювальний період:

$$Q_{\text{г.в}}^{\text{ср}} = 1,2 \cdot 0,31 \cdot 4187 \cdot (55 - 5) = 1306 \text{ Вт} = 1,31 \text{ кВт}.$$

Максимальні витрати теплоти на гаряче водопостачання житлових та громадських будівель за опалювальний період складає

$$Q_{\text{г.в}}^{\text{макс}} = (2 \dots 2,4) \cdot Q_{\text{г.в}}^{\text{ср}}, \quad (4.3)$$

$$Q_{\text{г.в}}^{\text{макс}} = 2 \cdot 1,31 = 2,62 \text{ кВт}.$$

Результати розрахунків теплового навантаження на систему опалення та витрат теплоти на гаряче водопостачання зведено в табл. 4.1.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 4.1 – Витрати теплоти на систему опалення та ГВП

Вид навантаження	Позначення	Величина, кВт
1 Витрати теплоти на опалення	Q_o	17,39
2 Витрати теплоти на вентиляцію	Q_v	Відсутні
3 Витрати теплоти на ГВП	$Q_{г.в}^{макс}$	2,62
Загальні витрати теплоти	ΣQ	20,01

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

5.1 Розрахунок теплої підлоги

5.1.1 Ізоляція по периметру (компенсаційний шов)

Ізоляція по периметру необхідна для компенсації теплового розширення маси бетону та для зменшення втрат тепла через бічні стіни. Товщина шару ізоляції по периметру повинна становити не менше 5 мм, а її висота дорівнює висоті заливки бетону. Вона виконана зі спіненого поліуретану, не поглинає вологу. Крім ізоляції по периметру використовується ізоляція для компенсаційних швів. Від попередньої вона відрізняється відсутністю привареної поліетиленової плівки, виконує роль вологозахисної ізоляції. Якщо застосування ізоляції по периметру завжди обов'язково, то компенсаційний шов застосовується у разі якщо площа приміщення більше 40 м².

У цих випадках необхідно розбити приміщення на окремі ділянки і виконати додаткові компенсаційні шви. При цьому необхідно так скомпонувати прокладку нагрівального контуру, щоб домогтися мінімальної кількості труб, що проходять через компенсаційний шов (бажано, щоб через компенсаційний шов проходили тільки дві труби: подачі та зворотня). Також дуже важливо, як труба проходить через компенсаційний шов. Труба повинна проходити з невеликим вигином всередині гофрованої трубки довжиною не менше 60 см для забезпечення її рухливості [18].

5.1.2 Гріючий контур

Віддача тепла в системі «теплої підлоги» відбувається за рахунок протікання гарячої води по закільцьованому змійовику (нагрівальному контуру). Тепловий потік проходить через стінку труби, потім через шар бетону, який разом з декоративним покриттям підлоги стає гріючою плитою та віддає тепло приміщенню. Після бетонування дуже проблематично займатися ремонтом трубопроводу, тому важливо правильно вибрати необхідну трубу.

В проєкті обрано металопластикову комбіновану трубу «Aqua - Rex» [18]. Труба має повну корозійну, хімічну та електрохімічну стійкість як зовні, так і зсередини. Внутрішня поверхня є абсолютно гладкою, що знижує гідравлічні втрати тиску в трубі. Відсутність відкладень солей, це гарантує те, що з часом гідравлічний опір не зміниться. Труба має армований шар з алюмінію, що, крім збільшення міцності труби, знижує її коефіцієнт лінійного розширення.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.3 Шар бетону та покриття підлоги

Гріючий контур заливається бетоном, який вирівнює температуру, приймає на себе силове навантаження і розподіляє її на менш міцний шар теплової ізоляції. Для житлового будівництва застосовують цементний шар з розрахунковим експлуатаційним навантаженням до 2 кН/м^2 . Загальна товщина бетонного шару від площини ізоляції повинна становити не менше 5,5–6,5 см (над поверхнею труби 3,5–4,5 см) для рівномірного розподілу тепла по поверхні підлоги і забезпечення необхідної міцності. В бетон, використовуваний для заливки, бажано додавання спеціального пластифікатора для систем «теплої підлоги».

Покриття підлоги настиляється безпосередньо на бетон. В якості декоративного покриття можливе використання:

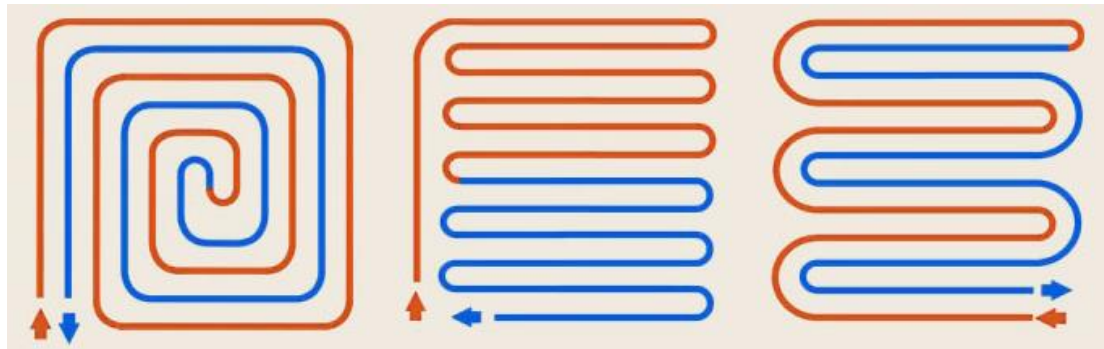
- цементного розчину;
- ліноліум;
- керамічної плитки;
- пластмасової плитки;
- паркету (спеціальний для теплої підлоги);
- килимове покриття;
- мармурової плитки.

Всі матеріали, використані для покриття, так само як і клей, повинні бути стійкі до тривалого впливу температури 50°C , повинні мати посвідчення, що підтверджує придатність для систем «теплої підлоги» (зміна фізичних властивостей матеріалу, відсутність шкідливих виділень при нагріванні). При проектуванні системи теплої підлоги необхідно заздалегідь враховувати, який матеріал буде використовуватися надалі для декоративного покриття підлоги, з причини великого впливу типів покриття на корисну віддачу тепла.

В нашому випадку маємо керамічну плитку, з тепловим опором $r_{\text{к.п}} = 0,02 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ [6] для всіх приміщень.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Труби теплої підлоги компонують декількома способами:



а)

б)

а) компоновка равликом; б) компоновка змійкою

Рисунок 5.1 – Компоновка труб

5.1.4 Конструктивні розміри теплої підлоги

Тепла підлога в будинку влаштовується у наступних приміщеннях:

Перший поверх:

- Передпокій ($F_{\text{пр}} = 4,85 \text{ м}^2$);
- Хол ($F_{\text{хл}} = 16,79 \text{ м}^2$);
- Кухня ($F_{\text{кх}} = 14,64 \text{ м}^2$);
- Вітальня-їдальня ($F_{\text{віт}} = 35,11 \text{ м}^2$);
- Санвузол ($F_{\text{сн}} = 4,60 \text{ м}^2$);
- Гардероб ($F_{\text{гб}} = 3,42 \text{ м}^2$);
- Пральня ($F_{\text{пр}} = 3,20 \text{ м}^2$).

Другий поверх:

- Спальня ($F_{\text{сп}} = 28,36 \text{ м}^2$);
- Гардероб 1 ($F_{\text{гб1}} = 6,14 \text{ м}^2$);
- Санвузол 1 ($F_{\text{сн1}} = 8,90 \text{ м}^2$);
- Санвузол 2 ($F_{\text{сн2}} = 6,27 \text{ м}^2$);
- Дитяча кімната ($F_{\text{дит}} = 16,84 \text{ м}^2$);
- Гардероб 2 ($F_{\text{гб2}} = 6,32 \text{ м}^2$);
- Кобінет ($F_{\text{кб}} = 18,33 \text{ м}^2$).

Загальна площа приміщень становить $222,91 \text{ м}^2$.

Визначимо загальні теплові втрати, які має покрити система панельного опалення

$$Q_{m.n} = Q_{втр} - Q_z - Q_T \quad (5.1)$$

де $Q_{втр}$ – загальні теплові втрати будинку;

Q_z – теплові втрати в гаражі, який опалюється радіаторами;

Q_T – теплові втрати на терасі що опалюється повітродувкою.

Теплові втрати в приміщеннях, які опалюються «теплою підлогою»:

$$Q_{m.n} = 17,39 - 1,53 - 3,5 = 12,36 \text{ кВт}.$$

За площею $F_{т.п}$ (m^2) і тепловими втратами $Q_{т.п}$ (Вт) приміщень визначаємо необхідний потік теплоти з одного квадратного метра площі q :

$$q = Q_{т.п} / F_{т.п}, \quad (5.2)$$

$$q = 12360/222,91 = 55,44 \text{ Вт/м}^2.$$

Знайдемо втрати теплоти в кожному приміщенні, яке опалюється «теплою підлогою», за наступною формулою

$$Q_{прим} = q \cdot F_{прим}. \quad (5.3)$$

Знаходимо таблицю з відповідним типом покриття [6]. Задасмося температурою теплоносія і по температурі повітря в приміщенні вибираємо крок прокладки труби, враховуючи тип покриття:

– керамічна плитка:

$q_{к.п} = 68 \text{ Вт/м}^2$, $b_{к.п} = 0,3 \text{ м}$, середня температура теплоносія $t_{cp} = 37,5^\circ C$ [7]:

$$t_{нід} = (q / 11,2) + t_{прим}. \quad (5.4)$$

Підлога з керамічною плиткою:

$$t_{нід.к} = (68/11,2) + 20 = 26,1^\circ C.$$

Отримані температури не перевищують допустиму температуру поверхні підлоги, яка складає $t_{нід.макс} = 29^\circ C$.

Довжиною контуру вважається вся труба, починаючи від колектора, а не тільки та її частина, яка знаходиться безпосередньо в самому опалювальному приміщенні. Згідно з рекомендаціями [7] максимальна довжина труби в одному кільці не повинні перевищувати

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

100 – 120 м. Гріючий контур необхідно виконувати із суцільної труби. Заливання в бетон з'єднувальних фітингів недопустимо.

Розрахуємо довжини труб окремо для кожного контуру за формулою (5.6)

$$L = F_{\text{прим}} / b. \quad (5.6)$$

Маємо два гідравлічних колектори. Перший розташований на першому поверсі. Другий гідравлічний колектор розташований відповідно на другому поверсі.

На першому гідравлічному колекторі маємо 9 контурів, а саме 1 в санвузлі, 1 в пральні, 1 в передпокої, 1 в кухні, 4 в вітальні-їдальні, 1 в холі.

На другому гідравлічному колекторі маємо 11 контурів, а саме 3 в спальній кімнаті, 2 в кабінеті, 1 в гардеробі, 1 в ванній кімнаті з санвузлом, 1 в санвузлі, 2 в дитячій кімнаті. Розташування контурів першого та другого гідравлічного колекторів показано на рис.5.2 та рис.5.3

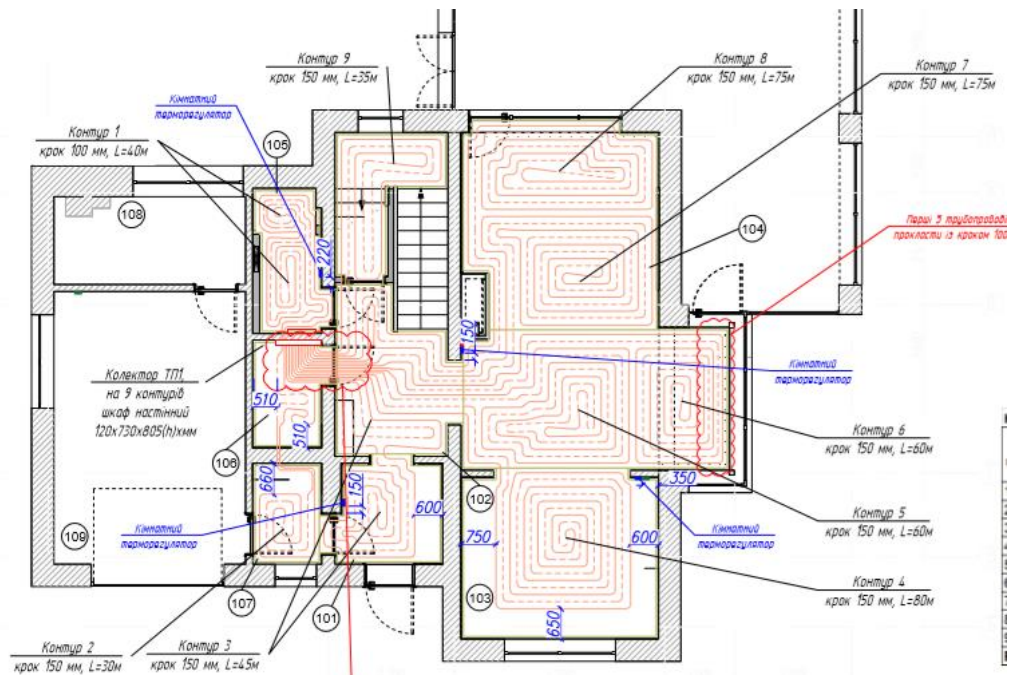


Рис.5.2- Розташування контурів першого гідравлічного колектора.

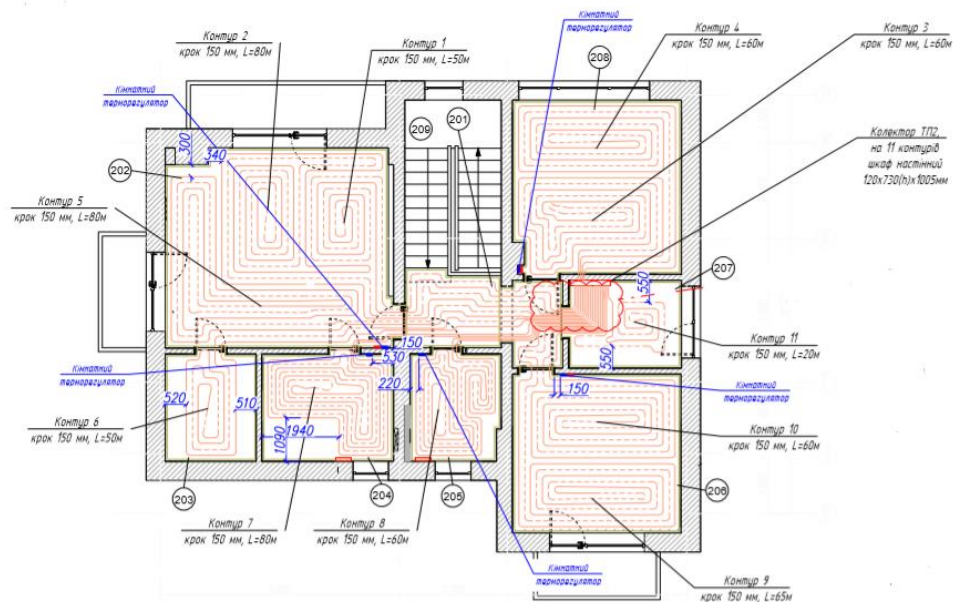


рис.5.3- Розташування контурів другого гідралічного колектора

При паралельному з'єднанні декількох кілець з паралельною подачею необхідно проводити вирівнювання гідралічного опору окремих кілець. Вирівнювання гідралічного опору проводиться до величини втрат у найбільш несприятливому контурі (найбільші втрати тиску). Різниця відрегульованого гідралічного опору паралельно з'єднаних кілець не повинна перевищувати 20-30%. При розрахунку максимальної довжини кільця гріючого контуру також враховують, що опір потоку не повинен перевищувати 20-25 кПа. При цьому мінімальна швидкість потоку теплоносія в кільці повинна бути не менше 0,15-0,2 м/с (1,4-1,8 л/хв). При цій швидкості повітряні бульбашки будуть видавлюватись з труби, що виключить можливість утворення повітряних пробок [6]. Враховуючи данні рекомендації було розбито контури на частини в приміщеннях так, як приведено вище

Виходячи з принципу, за яким були утворені контури «теплої підлоги», розрахуємо теплову потужність кожного контуру та визначимо необхідну витрату теплоносія окремо для кожного контуру.

Формула для розрахунку масової витрати теплоносія

$$m = \frac{1,1 \cdot Q_w}{4190 \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{зв}})}, \quad (5.9)$$

де $t_{\text{под}} = 40^\circ\text{C}$ – температура гарячої води на вході; $t_{\text{зв}} = 35^\circ\text{C}$ – температура охолодженої води на виході.

Таблиця 5.5 – Теплові потужності та масові витрати гарячої води контурів опалення «теплої підлоги» для першого колектора

№ контуру	Довжина контуру, м	Площа контуру, м ²	Тепловий потік, Вт	Витрата, кг/хв
1	40	6	460	1,3
2	30	4	345	1,0
3	45	6	518	1,5
4	80	11	921	2,6
5	60	8	691	2,0
6	60	8	691	2,0
7	75	10	863	2,5
8	75	10	863	2,5
9	35	5	403	1,2
Сума контурів	500	69	5755	16,5

Таблиця 5.5 – Теплові потужності та масові витрати гарячої води контурів опалення «теплої підлоги» для другого колектора

№ контуру	Довжина контуру, м	Площа контуру, м ²	Тепловий потік, Вт	Витрата, кг/хв
1	50	6	218	0,6
2	80	10	349	1,0
3	60	7	262	0,8
4	60	7	262	0,8
5	80	10	349	1,0
6	50	6	218	0,6
7	80	10	829	2,4
8	60	7	622	1,8
9	65	8	284	0,8
10	60	7	262	0,8
11	20	2	87	0,3
Сума контурів	665	83	3744	10,7

Загальна сума: $Q_w = 9499$ Вт; $m_w = 27,4$ кг/хв; $m_w = 1644$ кг/год.

За результатами вибураємо трубу для контурів теплої підлого 16×2 мм.

Уточнимо значення швидкостей гарячої води в кожному контурі за формулою

$$w = \frac{m}{\rho \cdot f}, \quad (5.11)$$

де $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина теплоносія (для води приймаю $\rho = 992,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);

$f, \text{м}^2$ – площа поперечного перерізу трубопроводу.

Для труби 16×2 мм площа поперечного перерізу становить:

$$f = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}, \quad (5.12)$$

$$f = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Отже, за формулою (6.11) уточнені значення швидкостей становлять для першого колектора:

$$w_1 = \frac{0,021}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,187 \text{ м / с};$$

$$w_2 = \frac{0,016}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,14 \text{ м / с};$$

$$w_3 = \frac{0,025}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,223 \text{ м / с};$$

$$w_4 = \frac{0,043}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,383 \text{ м / с};$$

$$w_5 = w_6 = \frac{0,033}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,294 \text{ м / с}.$$

$$w_7 = w_8 = \frac{0,041}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,366 \text{ м / с}.$$

$$w_9 = \frac{0,02}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,178 \text{ м / с};$$

За формулою (5.11) уточнені значення швидкостей становлять для другого колектора:

$$w_1 = w_6 = \frac{0,01}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,089 \text{ м / с};$$

$$w_2 = w_5 = \frac{0,016}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,142 \text{ м / с};$$

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_3 = w_4 = w_9 = w_{10} = \frac{0,013}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,116 \text{ м/с};$$

$$w_7 = \frac{0,04}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,357 \text{ м/с};$$

$$w_8 = \frac{0,03}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,268 \text{ м/с}.$$

$$w_{11} = \frac{0,005}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,044 \text{ м/с}.$$

Отримані швидкості потоку теплоносія в контурах є більшими за мінімальну швидкість, яка складає 0,15 м/с.

Гідравлічні втрати тиску системи опалення типу «тепла підлога»:

$$\Delta p = L_w \cdot R', \quad (5.13)$$

де R – одиничний гідравлічний опір потоку ($R=648$ Па/м);

L_w – довжина труби гріючого контуру, м.

Для першого колектора гідравлічні втрати тиску становлять відповідно:

$$\Delta p_1 = 500 \cdot 648 = 324000 \text{ Па}.$$

Для другого колектора гідравлічні втрати тиску становлять відповідно:

$$\Delta p_2 = 665 \cdot 648 = 430920 \text{ Па};$$

Контури розпаралелюють за допомогою гідравлічних колекторів, які зображено на рис. 5.4. Вони відповідають за регулювання та налагодження системи «тепла підлога». За допомогою регулюючих клапанів, які передбачені в колекторах, відбувається регулювання масової витрати води окремо для кожного контуру.

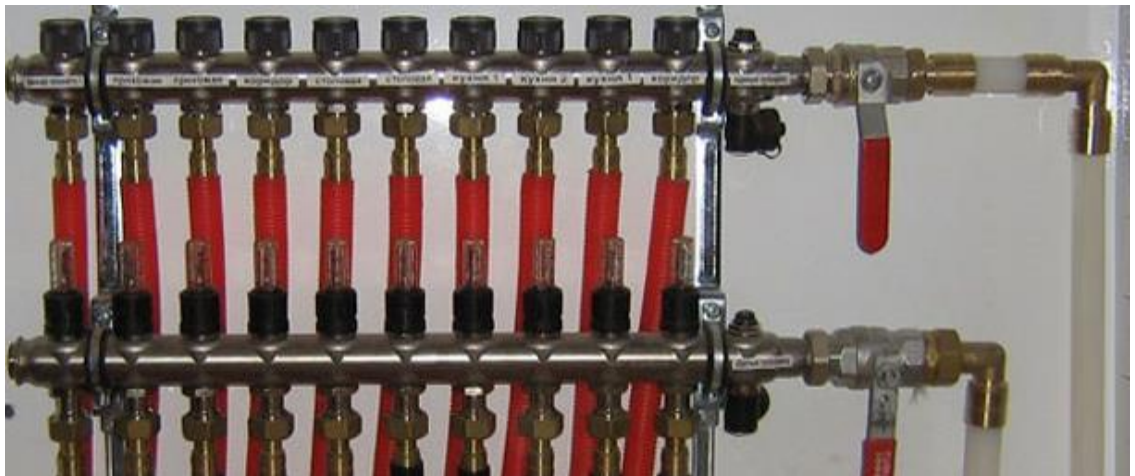


Рисунок 5.4 – Гідравлічні колектори «теплої підлоги»

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок панельних радіаторів

5.2.1 Опис конструкції панельних радіаторів

Сталеві панельні радіатори опалення були розроблені в якості альтернативи старим чавунним батареям і отримали найбільшу популярність серед власників приватних будинків і котеджів. Головною їх перевагою вважається високий показник тепловіддачі, який набагато вище, ніж у радіаторів секційного типу. Вони підходять для будь-яких приміщень через велику різноманітність моделей та варіантів, в яких виконуються панельні радіатори опалення. Приклад сталевих панельних радіаторів зображено на рис. 5.5.



Рисунок 5.5 – Сталевий панельний радіатор

Панельні радіатори опалення складаються з кількох (однієї, двох або трьох) панелей, що представляють собою зварені два листа сталі. Після штампування на них виникають вертикальні жолоби, що слугують для циркуляції теплоносія. Для досягнення кращої тепловіддачі зі зворотного боку панелі радіатори часто оснащують сталевими ребрами, які підвищують конвекцію повітря.

Батареї поділяються на наступні різновиди за кількістю панелей:

- тип 10 – батарея з однієї панелі, не оснащена конвектором;
- тип 11 – батарея з однієї панелі, оснащена одним конвектором, не має верхньої решітки;
- тип 20 – батарея з двох панелей, має сітку для випуску повітря, не оснащена конвектором;
- тип 21 – батарея з двох панелей, має один конвектор, зовні закрита кожухом;
- тип 22 – батарея з двох панелей, має два конвектори, кожух;

- тип 30 – батарея з трьох панелей, без конвектора, закрита решіткою зверху;
- тип 33 – батарея з трьох панелей, з трьома конвекторами, закритий кожухом.

Конструкції деяких типів панельних радіаторів зображено на рис. 5.6.

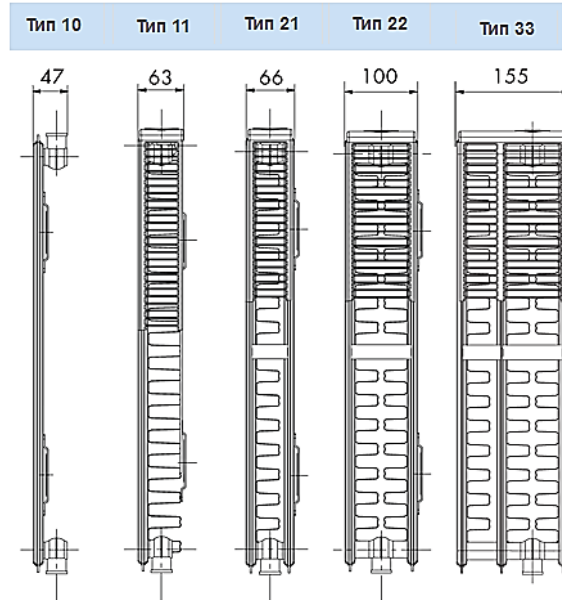


Рисунок 5.6 – Типові конструкції панельних радіаторів

Крім того, панельні радіатори випускаються з нижнім і бічним типами підключення. Причому моделі з нижнім типом підключення зазвичай мають більш високу вартість, обумовлену більш привабливим зовнішнім виглядом: при даному типі підключення труби практично непомітні, вони йдуть у підлогу або плінтус, не порушуючи зовнішнього вигляду стіни.

Панельні радіатори володіють рядом переваг, які вигідно виділяють ці радіатори серед інших моделей:

- Проста конструкція. Панельні радіатори є цілісними. З іншого боку, це також може бути їх недоліком: у випадку поломки, доведеться змінювати всю батарею.
- Висока тепловіддача. Сталевий панельний радіатор підходить для установки в будь-якій кімнаті. Великий показник теплової потужності досягається за рахунок властивостей сталі швидко отримувати і віддавати тепло, а в сукупності з роботою конвекторів результат багаторазово зростає. Також важливу роль відіграє велика площа поверхні радіатора.

- Економічність. Радіатор є найбільш дешевим серед аналогічних. Економія також здійснюється за рахунок того, що таким батареям потрібно менше теплоносія для нагрівання повітря в приміщенні до необхідної температури.

Серед недоліків варто виділити наступні:

- Слабкість проти гідроударів. Слід зазначити, що не тільки панельні, але і більшість інших радіаторів не виносять різких перепадів тиску в системі. Щоб захистити батареї від протікань та пошкоджень, необхідно встановити редуктор тиску.

- Крихкість. Через особливості конструкції необхідно не допускати при транспортуванні ніяких ударів, подряпин і подібних ушкоджень.

- Неприпустимість контакту внутрішніх поверхонь з киснем. Через це сталевий панельний радіатор не може стояти без теплоносія більше двох тижнів.

Кращим вибором батарей для приватного будинку стануть сталеві панельні радіатори. Характеристики їх різняться в залежності від конкретної моделі, однак можна виділити загальні середні значення:

- робочий тиск не повинен перевищувати 10 бар;
- максимально допустимий тиск в системі складає 13 бар;
- температура води або іншого теплоносія не повинна перевищувати 110 градусів;
- показник тепловіддачі коливається в середньому від 1200 до 1800, а іноді досягає більших значень;
- розміри складають до трьох метрів в довжину, від 20см до метра у висоту.

5.2.2 Тип та конструктивні розміри обраних панельних радіаторів

Сталеві панельні радіатори в будинку влаштовуються у наступних приміщеннях:

– гараж ($F_{\text{гар}} = 23,94 \text{ м}^2$).

Загальна площа приміщень становить $F_{\text{п.р}} = 23,94 \text{ м}^2$.

За формулою загальні теплові втрати в гаражі, що опалюються панельними радіаторами, становлять:

$$Q_{n.p} = Q_e = 1,53 \text{ кВт}.$$

За формулою (5.2) визначимо необхідний потік теплоти з одного квадратного метра площі q , Вт/м²:

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q = Q_{п.р} / F_{п.р} = 1530/23,94 = 63 \text{ Вт/м}^2.$$

Знайдемо втрати теплоти в кожному приміщенні, яке опалюється панельними радіаторами, за формулою (5.3). Витрати теплоти в гаражі становлять $Q_{\text{гар}}=1530$ Вт.

Система опалення панельними радіаторами прийнята двохтрубна тупикова з прокладкою підвідних труб у підготовці підлоги в теплоізоляції товщиною 6 мм. Трубопроводи виконані з поліпропіленових труб ППР PN20 та PN25. Розведення виконується від колекторів, розташованих у котельному приміщенні.

Система опалення містить «теплу підлогу» з температурою гарячого теплоносія 40°C. Підвищення температури води на виході з ТН до 55°C і вище, що має місце в системах опалення тільки за допомогою радіаторів, призведе до зниження ефективності роботи ТН [3]. При цьому буде втрачатись зміст використання «теплої підлоги». Тільки комбінація з панельними радіаторами при тій самій температурі, що і для «теплої підлоги», збереже позитивний ефект використання останньої.

Обираємо радіатори фірми KERMI [8]. Дане виконання дає можливість лівого або правого бокового підключення до системи опалення. За своєю конструкцією радіатор призначений для систем опалення з вимушеною або природною циркуляцією. На задній стороні має приварені дві верхні та дві нижні кріпильні скоби.

З наведеного модельного ряду вибираємо радіатор KERMI V22 500 800.

5.3 Розрахунок фанкойлів для обігріву тераси

1.2.1 Опис конструкції фанкойлів

По конструкції безпосередньо фанкойла, вентилятор може бути встановлений перед теплообмінником і продувати його або ж навпаки після теплообмінника, всмоктуючи повітря з теплообмінника.

Можливо двох-трубне або чотирьох-трубне виконання фанкойл: для одного теплообмінника з режимами холод / тепло і для двох теплообмінників з незалежними контурами опалення / охолодження відповідно. У разі чотирьох-трубного виконання з незалежними контурами охолодження / обігріву можливе одночасне охолодження і обігрів різних приміщень. За типом монтажу, фанкойл може бути встановлений на стіні, на стелі або стояти окремо.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Настінний фанкойл	Касетний фанкойл	Канальний фанкойл	Підлоговий фанкойл
			

Рис.5.7- Різновиди фанкойлів за типом монтажу

5.3.2 Вибір фанкойла для опалення тераси

Сталеві панельні радіатори в будинку влаштовуються у наступних приміщеннях:

- гараж ($F_T = 49,23 \text{ м}^2$).

Загальна площа приміщень становить $F_{п.р} = 23,94 \text{ м}^2$.

За формулою загальні теплові втрати в гаражі, що опалюються панельними радіаторами, становлять:

$$Q_{n.p} = Q_c = 3,5 \text{ кВт}.$$

За формулою (5.2) визначимо необхідний потік теплоти з одного квадратного метра площі q , Вт/м²:

$$q = Q_{n.p} / F_{п.р} = 3500/49,23 = 72 \text{ Вт/м}^2.$$

Знайдемо втрати теплоти в кожному приміщенні, яке опалюється панельними радіаторами, за формулою (6.3).

Система опалення панельними радіаторами прийнята двохтрубна тупикова з прокладкою підвідних труб у підготовці підлоги в теплоізоляції товщиною 6 мм.

Трубопроводи виконані з поліпропіленових труб ППР PN20 та PN25. Розведення виконується від колекторів, розташованих у котельному приміщенні

Обираємо фанкойли фірми wolf [9]. З наведеного модельного ряду вибираємо фанкойл KERMI V22 500 800.

5.4 Вибір теплового насоса

Сума опалювальних навантажень для опалення та приготування гарячої витратної води складає $\Sigma Q = 20$ кВт.

Для обліку планових періодів відключення подачі електроенергії місцевими підприємствами енергопостачання застосовується коефіцієнт проектування, який підвищує потужність приблизно на 10% [3]. Тоді сумарна потужність, яку необхідно розвивати ТН, складе:

$$Q_{TH} = 1,1 \cdot \Sigma Q, \quad (5.14)$$

$$Q_{TH} = 1,1 \cdot 20 = 22 \text{ кВт.}$$

У нашому випадку, для забезпечення максимального тепlopостачання від поновлювальних джерел прийнято обладнання: «Геотермальний тепловий насос Viessmann Vitocal 300-G » у кількості 2 комплектів.

Таблиця 5.11 - Технічна характеристика обладнання

Назва параметра	Одиниця	Значення параметра
Продуктивність	кВт	10,4
Хладагент		R410A
Кількість хладагенту	Кг	2,4
Перевірочний тиск	МПа	2,9
Компресор		Scroll
Електрична потужність	кВт	1,46
Пусковий струм	А	18
Коефіцієнт перетворення (COP)	5,01	5,01
Об'єм розсолу	л	4
Мінімальний потік розсолу	л/с	0,3
Допустиме падіння тиску первинного контура	кПа	81,0
max./min. Температура первинного контура	°C	25/-10
max./min. Температура вторинного контура	°C	65/25
Габарити	мм	600/850/1050
Вага	кг	139

Обладнання відповідає вимогам:

- ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. “Шум. Общие требования безопасности.”;
- ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. “Вибрационная безопасность. Общие требования”;

Теплові насоси Viessmann дозволяють опалювати і кондиціонувати будівлі, вбудований веб-сервер дозволить контролювати роботу теплових насосів через Інтернет, а компресор нового покоління створить високу продуктивність і суттєву економію в порівнянні з будь-якої іншої опалювальною системою [10].

5.3.2 Розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника

Загальна довжина ВГТО може бути визначена за формулою [3]

$$L_c = \frac{10^3 \cdot Q_{TH}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \quad (5.15)$$

де q_c -питомий тепловий потік, віднесений до 1 м свердловини, Вт/м; Q_{TH} - теплова потужність теплового насоса, кВт; φ - коефіцієнт перетворення ТН. [10]

Величину q_c визначити аналітичним методом дуже складно в зв'язку з нестационарними процесами тепломасообміну в неоднорідних ґрунтах. Тому для розрахунків у проектуванні приймають значення $q_c=50$ Вт/м.

$$L_c = \frac{10^3 \cdot 20,8}{50} \left(\frac{5,01 - 1}{5,01} \right) = 332,8 \quad (5.16)$$

Кількість зондів вибрано $n=5$. Отже довжина одного зонду $L=70$ м.

Для отриманих параметрів знаходимо за допомогою рис 3.8б гідравлічні втрати тиску $\Delta p_{ВТО} = 50 \text{ кПа}$.

5.5 Вибір буферної ємності системи опалення

Теплоаккумулятор (бак акумулятор тепла) - це теплоізольована ємність, призначена для накопичення і акумулювання тепла в гарячій воді. В основі принципу роботи теплоаккумулятора лежить використання високої теплоємності води.

Так наприклад, щоб нагріти один кубічний метр повітря на 4°C досить охолодити 1 літр води всього на 1°C .

Висока теплоакумуюча здатність води дозволяє накопичити тепло під час його вироблення, а використовувати за потреби. Теплоаккумулятори встановлюють в схемах систем з не співпадаючими піками вироблення і споживання тепла, для оптимізації роботи: У схемах обв'язки теплових насосів теплоаккумулятори застосовуються для оптимізації режиму роботи, можливості регулювання теплоспоживання та зниження

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витрат на електроенергію при роботі за нічним тарифом. Конструкція теплоаккумулятора - сталевий герметичний теплоізований бак з патрубком для приєднання джерела і споживача тепла.

$$V_{TA} = Q_{TH} * (20...25л) \quad (5.17)$$

де: Q_{TH} = Номинальна потужність теплового насоса

V_{TA} = Об'єм теплоаккумулятора гріючого контура, л



Рис.5.9- Буферна ємність

5.5.1 Розрахунок буферної ємності системи опалення

Отже, за формулою (5.17) мінімально необхідний об'єм буферної ємності становить:

$$V = 20,8 \cdot 20 = 416 \text{ л.}$$

Обираємо буферну ємність для системи опалення виробника Viessmann (Німеччина)
Наші умови задовольняє наступна модель: буферна ємність Vitocell 100-E SVP 400 ємністю 400 л [10]

Технічні характеристики табл. 5.12.

Марка	V л	h мм	d мм	m кг	PN бар	PN _T бар	F мм	q кВт
Vitocell 100-E SVP 400	400	1630	850	122	3,0	-	100	0,10

5.6 Розрахунок системи ГВП

У даному проєкті для нагрівання води для потреб ГВП встановлено сонячні колектори.

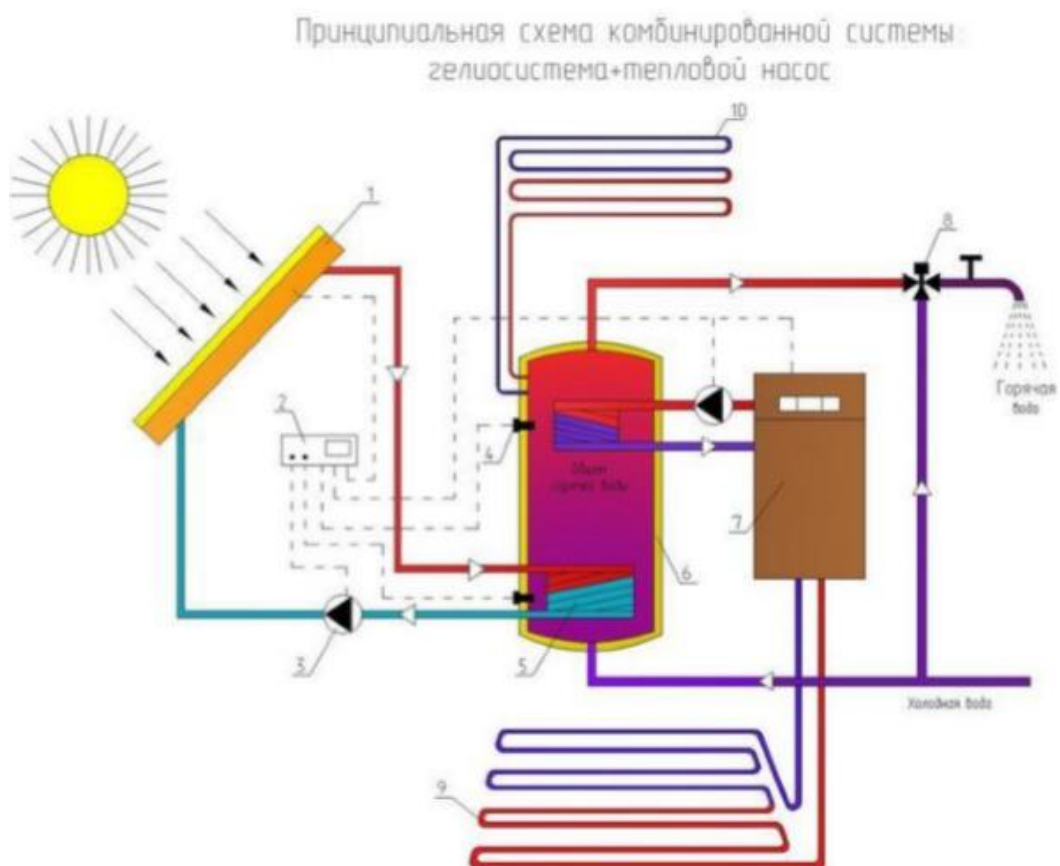


Рис.5.10 - Принципова схема комбінованої системи геліосистема + ТН

Теплові насоси в комбінації з сонячними системами для гарячого водопостачання

Чим менше різниця температур між температурою джерела теплоти і температурою в системі теплопостачання, тим вище ефективність роботи теплового насоса. Тому для нагріву води в системі ГВП температура в подавальному трубопроводі повинна підтримуватися на мінімально можливому рівні за рахунок збільшення площі поверхні теплообмінника. Для підключення сонячної системи разом з тепловим насосом Viessmann пропонує спеціальний бівалентний водонагрівач для теплового насоса.

5.6.1 Плоскі сонячні колектори

В даний час в Німеччині на частку плоских колекторів припадає понад 90 відсотків ринку. У плоских колекторах абсорбер, як правило, захищений корпусом з високоякісної листової сталі або алюмінію, а з фронтальної поверхні закритий геліосклом з низьким вмістом заліза, яке забезпечує довготривалий захист від несприятливих погодних умов. Антивідбиваюче покриття скла додатково зменшує відображення. теплова ізоляція корпусу знижує теплові втрати. Корпус плоских колекторів Viessmann виконаний з алюмінієвої рами без косих розрізів і гострих кромek. Завдяки безшовному, стійкого до впливу погодних умов і ультрафіолетового випромінювання ущільнення скла і міцної задній стінці корпусу забезпечується довгий термін експлуатації і висока ефективність колектора. Плоскі колектори просто і надійно монтуються на плоскій або скатної даху, а також можуть вбудовуватися в покрівлю. Крім того, колектори можуть монтуватися на фасади будівель або встановлюватися в довільному місці. Плоскі колектори дешевше, ніж трубчасті вакуумовані, і використовуються для установок гарячого водопостачання, підігріву води в плавальних басейнах і для покриття частини навантаження на опалення приміщень.

5.6.2 Розрахунок накопичувального баку

Головним призначенням накопичувального водонагрівача є підготування та накопичення запасу гарячої води в об'ємі, якого буде достатньо, щоб покрити потреби мешканців в період пікового водорозбору. Отже, розраховувати необхідний об'єм слід з урахуванням потреб мешканців будинку. Основними параметрами, за якими виконується підбір водонагрівача, є його об'єм і потужність теплообмінника (для бойлерів непрямого нагріву). Але, зазвичай, розраховується тільки об'єм бойлера, оскільки виробники уводять потужність теплообмінника водонагрівача з його об'ємом.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для початку необхідно розрахувати витрату води в різних точках водорозбору в період максимального їх використання. Максимальні періоди водорозбору – ранок та вечір. Між цими періодами достатньо часу для повного нагріву води в бойлері.

Температуру нагріву гарячої води в бойлері приймаємо 60°C, температура теплої води, яка використовується мешканцями, 40°C, температура холодної води 10°C.

Приймаємо, що середня витрата води в душових $V_{\text{сер.душ}} = 12$ л/хв [11]. У середньому мешканці будинку приймають душ $\tau = 5$ хв. Всього в будинку проживає $n = 5$ особи. Тоді об'єм води буде складати:

$$V_{\text{душ}} = V_{\text{сер.душ}} \cdot \tau \cdot n, \quad (5.18)$$

$$V_{\text{душ}} = 12 \cdot 5 \cdot 5 = 300 \text{ л.}$$

Приймаємо середню витрату води на миття посуду $V_{\text{сер.пос}} = 5$ л/хв [11]. Час для миття приймаємо $\tau = 5$ хв. Тоді об'єм води буде складати:

$$V_{\text{пос}} = V_{\text{сер.пос}} \cdot \tau, \quad (5.19)$$

$$V_{\text{пос}} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ л.}$$

Загальний об'єм використаної теплої води з температурою 40°C становить:

$$V_{\text{т.в}} = V_{\text{душ}} + V_{\text{пос}}, \quad (5.20)$$

$$V_{\text{т.в}} = 300 + 25 = 325 \text{ л}$$

За знайденим об'ємом вибираємо бак фірми Viessmann Vitocell 100-B CVB 300 технічні характеристики наведено в табл.5.13

Табл.5.13

Марка	V л	h мм	d мм	m кг	PN бар	PN _T бар	F мм	q кВт	St м ²	Ss м ²
Vitocell 100-B CVB 300	300	1746	663	160	10	10	?	0,04	0,9	1,5

5.6.3 Вибір колекторів.

Для підбору колектора скористаємося програмою підбору від виробника Viessmann дані підбору наведено в табл.5.14

табл.5.14

Количество людей	Потребность в теплой/горячей воде в день, л		Объем накопителя, л	Коллектор
	45 °C	60 °C		Количество плоских коллекторов SV/SH/5DI
2	80	60	300	2/2/1
3	120	90		
4	160	120		
5	200	150	400	3/3/–
6	240	180		
7	280	210	500	4/4/–
8	320	240		
10	400	300		

По результатам даного підбору вибираємо 2 панелі Vitosol 200-F 5DI (4,76 м²) характеристики наведено в табл.5.15, на рис.5.12. зображено частину покриття витрат на ГВП за рохунок сонячної енергії у різні місяці року.

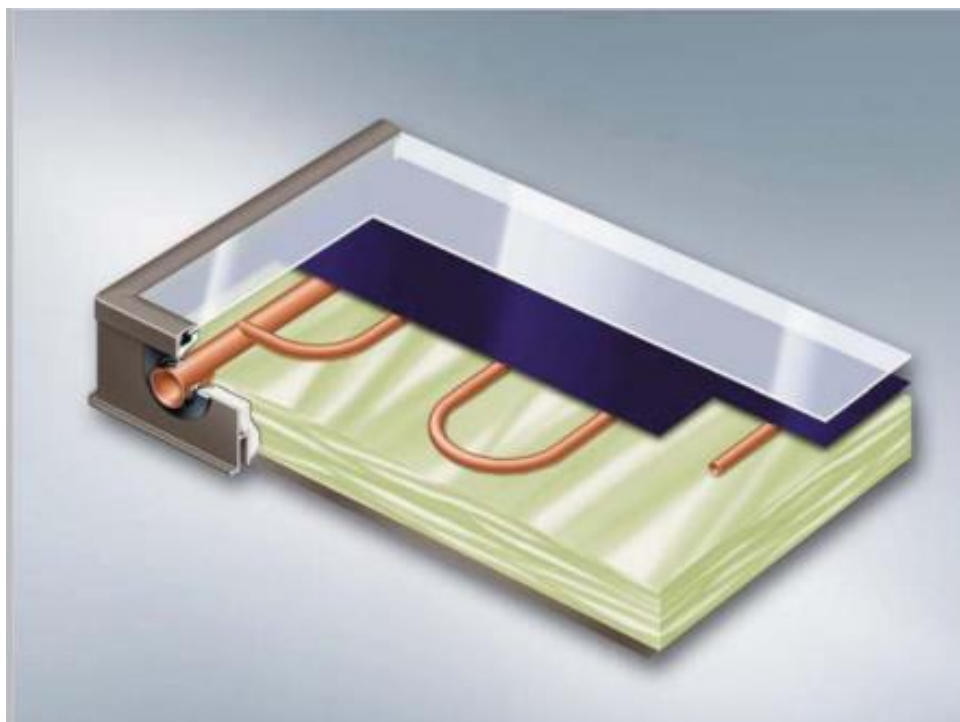


Рис.5.11 - Плоский полектор Vitosol 200-F 5DI

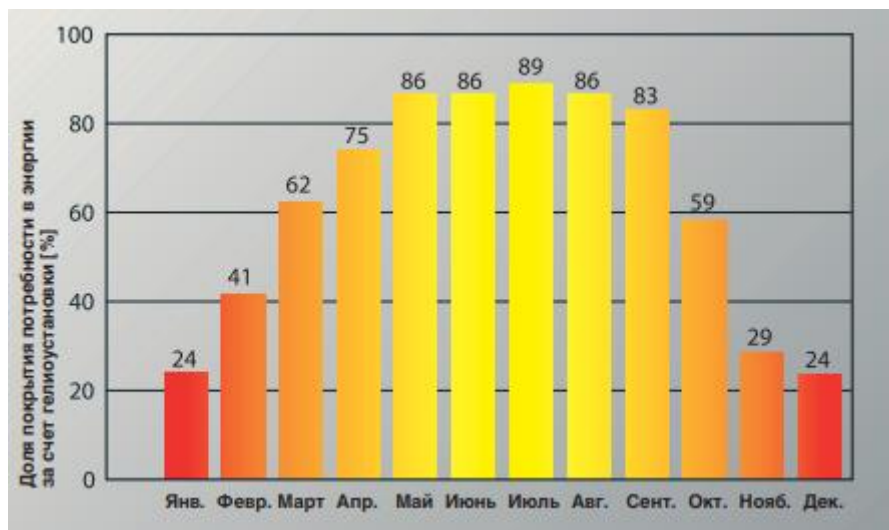


Рис.5.12 - Частина покриття витрат на ГВП за рахунок геліосистеми

Табл.5.15

Тип коллектора	Оптический КПД, η_{ov} , %	Коэффициенты тепловых потерь		Удельная теплоемкость кДж/(м ² ·К)	Максимальная температура при простое, °С
		k_1 Вт/(м ² ·К)	k_2 Вт/(м ² ·К ²)		
Vitosol 200-F					
– Тип SV2/SH2	79,1 %	3,94	0,0122	5,35	202
– Тип 5 DI	84 %	4,16	0,0073	6,4	185

5.7 Вибір розширювальних баків

Розширювальний бак є невід’ємним елементом систем опалення та водопостачання. Оскільки вода під час нагрівання збільшується в об’ємі, головною задачею розширювального бака є приймання надлишку води, що виникає в системі опалення або в бойлері системи ГВП. У результаті цього вирівнюються тиски в системі опалення та в бойлері, знижується ризик виникнення гідравлічних ударів в трубах, їх з’єднаннях та у водорозподільчих пристроях під час вмикання циркуляційних насосів [22].

Існують два типи розширювальних баків: відкритий та закритий. Відкритий тип сьогодні майже не використовується через ряд недоліків. При нагріванні води її надлишок поступає у відкритий резервуар, що міститься на горищі будинку, а при охолодженні повертається назад у трубопроводи. Через це дана конструкція є доволі громіздкою, також існує ризик заливання нижніх приміщень будинку. Крім цього, постійний контакт води з повітрям є причиною корозії труб та батарей, виникнення повітряних пробок і порушення циркуляції теплоносія в системі.

Дані недоліки усунені в закритих розширювальних баках з мембраною. Бак всередині розділений резиноюю мембраною на дві камери різного розміру: в одну на заводі-виробнику накачують повітря, друга залишається порожньою. Саме в неї після

завершення монтажу і запуску систем водопостачання та опалення під час нагрівання буде поступати вода. Стиснене повітря в баці прагне відновити свій початковий об'єм, тому при охолодженні рідина буде витіснятись назад до системи. Так в трубах встановлюється постійний напір, система працює стабільно, без перевантажень та стрибків тиску.

5.7.1 Вибір розширювального бака системи опалення

Обираємо розширювальний бак виробництва Reflex (Німеччина).

Щоб виконати розрахунок робочого об'єму мембранного розширювального бака, необхідно знати загальний об'єм системи опалення. Об'єм розширювального бака розраховується за формулою [12]:

$$V_{бак} = \frac{V_{сист} \cdot E}{D}, \quad (5.21)$$

де $V_{сист}$ – сумарний об'єм системи опалення, м³;

E – коефіцієнт розширення рідини, %;

D – ефективність мембранного розширювального бака.

За [12] приймаємо, що для системи опалення «теплою підлогою» об'єм води в системі буде становити 17 л/кВт; для системи опалення з радіаторами – 10,5 л/кВт. для системи з фанкойлами – 10,5 л/кВт.

Потужності систем опалення з використанням «теплої підлоги» та панельних радіаторів становлять відповідно 12,36 кВт та 5,3 кВт

Тоді сумарний об'єм системи опалення становить

$$V_{сист} = 17 \cdot 12,36 + 10,5 \cdot 5,03 = 262,93 \text{ л.}$$

Значення коефіцієнта розширення води знаходимо з [13] для температури 40°C. Коефіцієнт $E = 0,01$ або 1%.

Значення ефективності мембранного розширювального бака розраховується за формулою:

$$D = \frac{P_{\max} - P_{\text{стат}}}{P_{\max} + 1}, \quad (5.22)$$

де P_{\max} – максимальний робочий тиск. Для котеджів прийнято брати тиск 3 бар;

$P_{\text{стат}}$ – тиск зарядження мембранного розширювального бака.

$P_{\text{стат}}$ дорівнює статичному тиску системи опалення. Ця величина рівна 1,5 бар .

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення ефективності розширювального бака складає

$$D = \frac{3-1,5}{3+1} = 0,375.$$

Тоді за формулою (6.20) об'єм необхідного розширювального бака

$$V_{\text{бак}} = \frac{262,93 \cdot 0,01}{0,375} = 7,0 \text{ л.}$$

З модельного ряду, який зображено на рис. 5.13 обираємо розширювальний бак Reflex NG 8 номінальним об'ємом 8 л. Технічні характеристики та габаритні розміри вказано на табл. 5.13 [14].

Табл.5.13 – Модельний ряд розширювальних баків компанії Reflex

6 бар	Тип 6 бар / 120°C	№ артикула		Номінальний об'єм, л	Вага кг	Ø D мм	H мм	h мм	A	Початк. тиск, бар
		сірий	білий							
	NG 8	8230100	7230107	8	1.7	206	305	-	R ¾	1.5
	NG 12	8240100	7240107	12	2.4	280	275	-	R ¾	1.5
	NG 18	8250100	7250107	18	2,9	280	380	-	R ¾	1.5
	NG 25	8260100	7260107	25	3,7	280	490	130	R ¾	1.5
	NG 35	8270100	7270107	35	4.8	354	460	175	R ¾	1.5
	NG 50	8001011	7001100	50	5.7	409	493	175	R ¾	1.5
	NG 80	8001211	7001300	80	9.2	480	565	166	R 1	1.5
	NG 100	8001411	7001500	100	11.5	480	670	166	R 1	1.5
	NG 140	8001611	7001700	140	13.1	480	912	175	R 1	1.5

5.7.2 Вибір розширювального бака системи ГВП

Для розрахунку розширювального бака використаємо програму «Reflex Pro Win» від виробника Reflex [14].

Вихідні дані для програми:

- теплова потужність теплогенератора: $Q = 2,2$ кВт (потужність ТЕНу в бойлері ГВП);
- об'єм бойлера ГВП: $V_{\text{бойл}} = 300$ л;
- пікова витрата води: $V_{\text{пик}} = 3,25$ м³/год;
- максимальна температура води в бойлері: $t_{\text{макс}} = 60^\circ\text{C}$;
- мінімальна температура води в бойлері: $t_{\text{мін}} = 5^\circ\text{C}$;
- статичний тиск: $P_{\text{стат}} = 3$ бар;
- тиск спрацювання запобіжного клапана: $P_{\text{макс}} = 6$ бар.

У результаті розрахунку, який зображено на рис. 5.14, було обрано мембранний розширювальний бак Reflex DD 12 номінальним об'ємом 12 л та розрахунковим тиском 10 бар.



Чертеж клиента

[PDF](#)
[DXF](#)
[STP](#)
[DWG](#)

'refix DD 12', проточный мембр. бак,
 10 бар, зелёный
 Арт.№ 7308200
 Цена 96.80 €

Тендерный документ | План | Монтаж (пример)

-контактирующие с водой части защищены от коррозии;
 -подсоед. патрубок из нержавеющей стали;
 -мембрана соответствует КТW-С, W 270;
 -снаружи и изнутри нанесено полимерное покрытие, изнутри соответствует КТW-А;
 -возможно применение баков с проточной арматурой reflex 'flowjet';
 -'DD 33' имеет крепежные ушки.

Тип	:	DD 12
Номинальный объём	:	12 литр
Макс. полезный объём	:	9 литр
Доп. рабочая температура	:	70 °C
Доп. избыт. раб. давление	:	10 бар
Давл. воздуха с завода	:	4.0 бар
Задаваемое давл. воздуха	:	2.8 бар
Диаметр	:	280 мм
Высота	:	318 мм
Вес без воды	:	2.0 кг
Подключение к системе	:	G 3/4
Номинальный объёмный поток	:	- м3/ч
Цвет	:	зелёный

Рисунок 5.13 – Результат розрахунку розширювального бака системи ГВП

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 СИТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Система кондиціювання повинна забезпечувати комфортні умови мікроклімату в приміщенні. Для забезпечення комфортних умов у літній період ТН працює у режимі кондиціювання для подачі холодного повітря використовуються фанкойли. На першому поверсі охолоджується кухня та вітальня. На другому поверсі охолодження проводиться в гардеробі, дитячій та кабінеті.

Таблиця 4.1 – Перелік приміщень, що потребують передбачення місцевих систем кондиціювання

Відмітка	Найменування приміщення	Надходження теплоти, кВт
0,000	Кухня-вітальня	2,92
3,170	Гардероб	0,363
3,170	Дитяча	1,295
3,170	Кабінет	1,347

6.1. Вибір фанкойлів

Фанкойли - це прилади, які можуть, як охолоджувати, так і нагрівати повітря в приміщенні. Вони дуже точно дотримуються задану користувачем температуру, і здатні швидко охолодити / опалити середні або великі приміщення. Конструкція таких приладів досить проста. Важливу роль відіграє теплообмінник, який можна характеризувати як радіатор. У нього надходить вода, і він випромінює потрібну температуру в повітря, щоб охолодити його. Продуктивність по холоду регулюється за допомогою вентилятора і електричного двигуна. Так само невід'ємною частиною є повітряний фільтр, який очищає повітря від забруднень. Піддон для конденсату збирає вологу з повітря. На додаток до системи вбудовані електронагрівач і система управління.



Рис.6.1 Конструкція фанкойла

По надходженнях теплоти до приміщення за допомогою програми від виробника підбираємо ФАНКОЙЛ КАСЕТНИЙ COOPER&HUNTER CH-FC030K2 для всіх приміщень. Характеристики вибраного фанкойла приведені на рис.6.2

Продуктивність (хв - макс) холод кВт.	3
Продуктивність (хв - макс) тепло кВт.	4
Рівень шуму, дБ	36
Гідравлічний опір, кПа	14
Діаметр труб рідини мм (дюйм)	0,75
Вага нетто кг	17,5
Витрата повітря м. куб/год	510
Розміри (ШхВхГ) (мм)	575x261x575

Рис.6.2. Характеристики вибраного фанкойла

6.2 Вибір буферної ємності системи охолодження

Вибір буферної ємності для системи охолодження проводиться аналогічно вибору ємності для системи опалення таким чином вибираємо таку саму ємність а саме Vitocell 100-E SVP 400 ємністю 400 л [10]

7 ТРУБОПРОВОДИ

7.1 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення

Гідравлічний розрахунок системи опалення проводиться з метою знаходження необхідної масової витрати теплоносія та перепаду тисків. Результатом розрахунку є вибір циркуляційного насоса, що призначений виключно для переміщення води по замкненому контуру трубопроводів місцевої системи опалення [10].

Загальна масова витрата води в системі розраховується з рівняння теплового балансу:

$$m = \frac{Q}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{нов}})}, \quad (7.1)$$

де Q – теплове навантаження на систему опалення, кВт;

c_p – питома масова теплоємність. Приймаємо $c_p = 4,187$ кДж/(кг·К).

Масова витрата води складає:

$$m = \frac{20}{4,187 \cdot (40 - 35)} = 0,955 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Згідно зі СНиП 2.04.05-91*У та ДБН В.2.5-67: 2013 допустима швидкість води в трубопроводах системи опалення знаходиться в діапазоні 0,25 – 1,5 м/с. Приймаємо швидкість води 1 м/с. За середньої температури теплоносія 37,5°C з таблиць теплофізичних властивостей для води визначаємо наступні величини [15]:

$$\rho = 990 \text{ кг/м}^3; \nu = 0,696 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Визначимо внутрішній діаметр трубопроводу від буферної ємності до колекторного блока системи опалення з рівняння нерозривності:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot m}{\rho \cdot w \cdot \pi}}, \quad (7.2)$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,995}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,035 \text{ м}.$$

Зі стандартного ряду сталевих труб фірми Kantherm обираємо трубу 35×1,5 мм [16].

Уточнюємо швидкість води за рівнянням нерозривності:

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \quad (7.3)$$

$$w = \frac{4 \cdot 0,995}{990 \cdot \pi \cdot 0,035^2} = 1,04 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Циркуляційний насос переміщує воду від буферної ємності до колекторного блока системи опалення в котельному приміщенні. Далі потік ділиться на три паралельні контури.

Перший і другий контур поступає до першого колекторного блока «теплої підлоги» та другого колекторного блока «теплої підлоги». Ця група колекторів оснащена власним насосом, який забезпечує циркуляцію теплоносія в контурах «теплої підлоги». До третього контуру виконується підключення панельних радіаторів і тераси.

Знайдемо масові витрати, діаметри труб та швидкості теплоносія в першому, другому та третьому контурах.

Перший контур (до колектора «теплої підлоги» де є 9 контурів)

Скориставшись табл. 6.7 візьмемо розрахована раніше масову витрату гарячої води на «теплу підлогу» складає $m_1 = 0,275 \text{ кг/с}$.

Приймаємо швидкість води 1 м/с .

Внутрішній діаметр труби за формулою (7.2) складає

$$d_{\text{вн}1} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,275}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,0188 \text{ м}.$$

Зі стандартного ряду поліпропіленових труб фірми Kantherm обираємо трубу $20 \times 2,8 \text{ мм}$ [16].

Уточнюємо швидкість води за формулою (7.3):

$$w_1 = \frac{4 \cdot 0,275}{990 \cdot \pi \cdot 0,020^2} = 0,88 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Другий до колектора теплої підлоги де є 11 контурів.

Скориставшись табл. 6.7 візьмемо розраховане раніше масову витрату гарячої води на «теплу підлогу» складає $m_2 = 0,178 \text{ кг/с}$.

$$d_{\text{вн}2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,178}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,0151 \text{ м},$$

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зі стандартного ряду поліпропіленових труб фірми Kantherm обираємо для другого контуру трубу 16×2,8 мм, [16].

Уточнюємо швидкості води за формулою (7.3):

$$w_2 = \frac{4 \cdot 0,178}{990 \cdot \pi \cdot 0,016^2} = 0,89 \frac{м}{с},$$

З розрахованими раніше втратами теплоти для гаража і тераси, визначимо теплові навантаження на третій контур.

За формулою (7.1) масові витрати для третього і четвертого контуру складають:

$$m_3 = \frac{4,03}{4,187 \cdot (45 - 40)} = 0,192 \frac{кг}{с},$$

Внутрішній діаметр труби за формулою (7.2) складає

$$d_{вн3} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,192}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,0157 м.$$

Зі стандартного ряду поліпропіленових труб фірми Kantherm обираємо для другого контуру трубу 16×2,8 мм, [16].

Уточнюємо швидкості води за формулою (7.3):

$$w_2 = \frac{4 \cdot 0,192}{990 \cdot \pi \cdot 0,016^2} = 0,89 \frac{м}{с},$$

Визначимо гідравлічний опір трубопроводів системи опалення. Для цього розіб'ємо трубопроводи на чотири ділянки.

1 – перша ділянка: від буферної ємності до колекторів системи опалення;
2 – друга ділянка: від колекторів системи опалення до колекторів «теплої підлоги» (перший колектор, де 9 контурів); 3 – третя ділянка: : від колекторів системи опалення до колекторів «теплої підлоги» (перший колектор, де 11 контурів); 4 – четверта ділянка: від колекторів до панельного радіатора в гаражі і тераси.

7.2 Розрахунок гідравлічного опору

Сумарний гідравлічний опір складає:

$$\Sigma \Delta p_1 = \Delta p_{лін} + \Delta p_{міс} + \Delta p_{\phi}, \quad (7.4)$$

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Δp_{ϕ} – гідравлічний опір фільтра IVR, визначається за рекомендаціями виробника $\Delta p_{\phi} = 165 \text{ Па}$.

Лінійні гідравлічні втрати тиску визначаються за формулою:

$$\Delta p_{\text{лін}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}. \quad (7.5)$$

Визначимо режим течії за формулою:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}, \quad (7.6)$$

$$\text{Re}_1 = \frac{0,88 \cdot 0,035}{0,696 \cdot 10^{-6}} = 44252 > 2320.$$

Оскільки режим течії розвинений турбулентний, коефіцієнт лінійних втрат тиску розраховується за формулою Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (7.7)$$

де k_e – еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні труби, для поліпропіленових труб $k_e = 0,01 \text{ мм}$

$$\lambda_1 = 0,11 \left(\frac{0,01}{35} + \frac{68}{44252} \right)^{0,25} = 0,022.$$

Для першої ділянки довжина кільцевого контуру рівна 3,2 м.

За формулою (7.5) лінійні гідравлічні втрати тиску становлять:

$$\Delta p_{\text{лін1}} = 0,022 \cdot \frac{3,2}{0,035} \cdot \frac{990 \cdot 0,88^2}{2} = 770,9 \text{ Па}.$$

Місцеві гідравлічні втрати тиску визначаються за формулою:

$$\Delta p_{\text{міс}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}. \quad (7.8)$$

Коефіцієнти місцевих втрат тиску :

- згини труб – радіус згину приймаємо 120 мм, тоді $\frac{r}{d} = \frac{120}{32} = 3,75 > 3$, маємо $\xi = 0,3$;
- колекторний блок, за рекомендаціями виробника VALTEC $\xi = 9,5$ [28].

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місцеві гідравлічні втрати тиску становлять:

$$\Delta p_{mic1} = (3 \cdot 0,3 + 9,5) \cdot \frac{990 \cdot 0,88^2}{2} = 1859 \text{ Па.}$$

За формулою (7.4) сумарний опір першої ділянки складає:

$$\Sigma \Delta p_1 = 770,9 + 1859 + 165 = 2794,9 \text{ Па.}$$

Підставивши значення для усіх інших трубопроводів було отримано такий ряд значень:

$$\Sigma \Delta p_2 = 14023 \text{ Па ; } \Sigma \Delta p_3 = 14225 \text{ Па ; } \Sigma \Delta p_4 = 1732 \text{ Па.}$$

7.4 Вибір насосів системи опалення

Обираємо виробника насосного обладнання Grundfos (Німеччина) [17].

Для вибору насосів скористаємось програмою підбору від виробника.

7.4.1 Вибір насоса системи опалення тепла підлога

У програмі використовуються наступні вихідні дані:

- продуктивність $Q = 0,456 \text{ кг/с} = 1,64 \text{ м}^3/\text{год}$;
- напір $H = 1,423 \text{ м}$.

За результатами програми обрано насос ALPHA2 25-40 180.

Технічні характеристики насоса:

Таблиця 7.2 - Технічні характеристики насоса для теплої підлоги

Витрата	1,44	м ³ /год
Напір	1,432	м
Мін. тиск на вході	0,2	бар
Потужність	0,012	кВт
Загальний ККД	43,9	%
Споживання енергії	43	кВт·год/рік

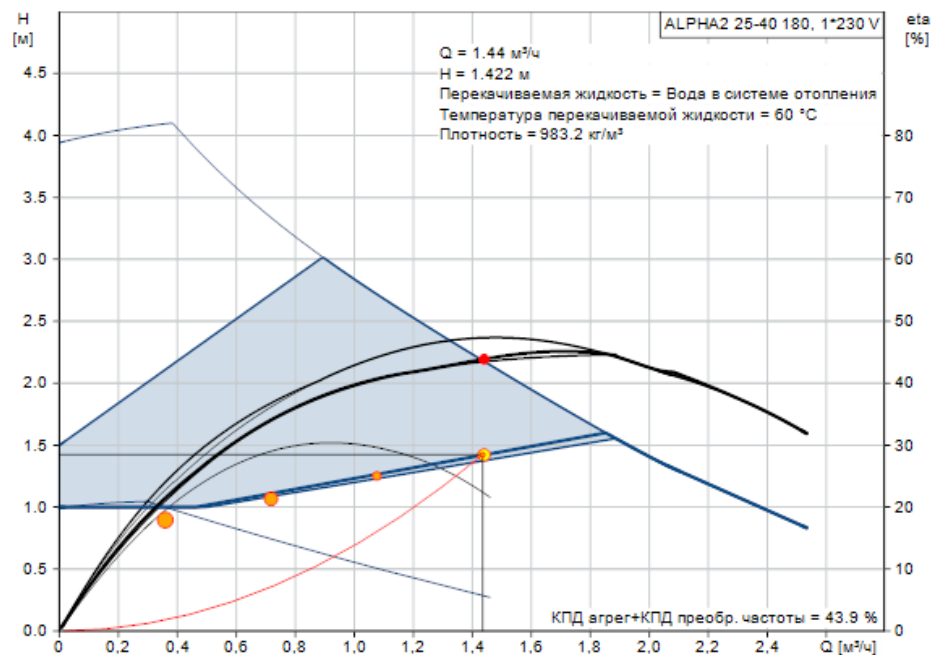


Рисунок 7.2 – Робочі характеристики насоса ALPHA2 25-40 180



Рисунок 7.3 – 3Д зображення насоса ALPHA2 25-40 180

7.4.2 Вибір насоса для радіаторної системи опалення

Під час розрахунків конструктивних розмірів «теплої підлоги» було отримано гідравлічні втрати тиску для кожного контуру. Насос вибираємо за четвертим контуром $\Delta p_{w4} = 1732$ Па. Загальна витрата теплоносія на систему опалення типу «тепла підлога» становить $Q = 0,042$ кг/с = $0,15$ м³/год.

За даними параметрами було обрано насос ALPHA2 L 25-40 180 [28].

Технічні характеристики насоса:

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 - Технічні характеристики насоса для теплої підлоги

Витрата	0,301	м³/год
Напір	0,807	м
Мін. тиск на вході	0,2	бар
Потужність	0,005	кВт
Загальний ККД	14	%
Споживання енергії	24	кВт·год/рік

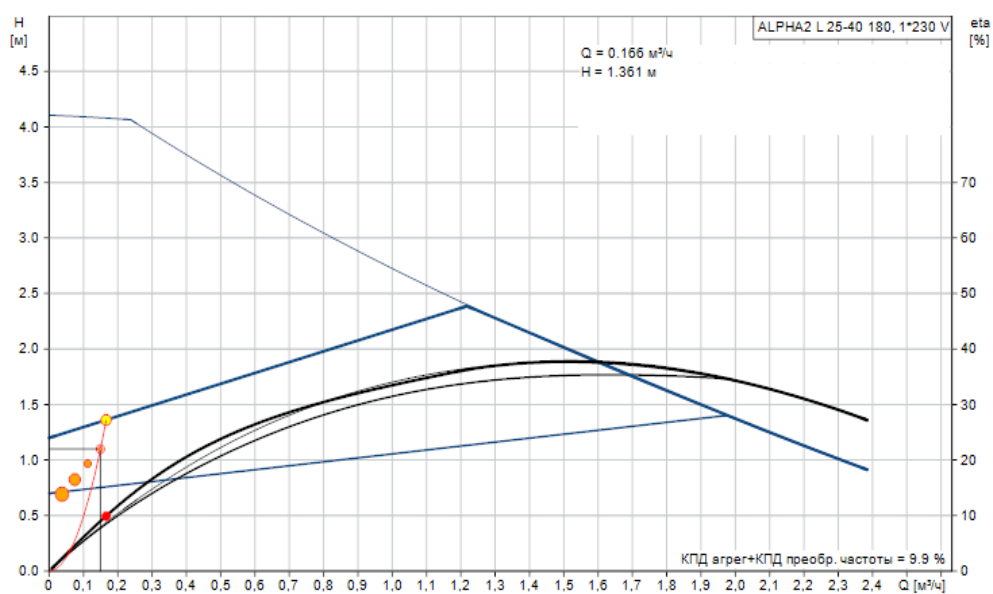


Рисунок 7.4 – Робочі характеристики насоса ALPHA2 L 25-40 180

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Система теплопостачання побудовано для забезпечення будинка гарячою водою для системи опалення та підігріву води в басейні.

У даній дипломній роботі запроектовано основне обладнання для теплопостачання:

- тепловий насос;
- циркуляційні та подаючі насоси системи опалення;
- трубопроводи, арматура покриті тепловою ізоляцією для зменшення теплових втрат(в проекті не наводяться).

В даному розділі запропоновані технічні рішення з безпеки експлуатації робочих приміщень, технологічного обладнання, запобігання електротравм і визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики.

8.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації робочих приміщень та основного технологічного обладнання

Вимоги щодо монтажу основного обладнання

Усі основні планувальні рішення по теплому пункту було прийнято з урахуванням вимог [13] ДБН В.2.5.-39:2008 «Теплові мережі», у тому числі:

Під час монтажу усі трубопроводи ізолюються. Обладнання, трубопроводи та арматуру необхідно маркувати згідно схеми, на трубопроводах позначити напрям руху теплоносія.

Компоновка основного та допоміжного устаткування в приміщенні теплового пункту виконано згідно з нормативним документом [14]:

- 1) Проектом теплового пункту передбачена монтажна (ремонтна) площадка.
- 2) Розширювальні баки, які працюють під тиском вище 0,07 МПа, відповідають вимогам.
- 3) Кожний водо-водяний підігрівач відповідно до проекту оснащений штуцерами із запірною арматурою для випуску повітря і спуску води, відповідно вимогам.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) За проектом передбачено проектувати підлогу для стоку води з нахилом 0,01 до сторони водозбірного прямока, його мінімальні розміри 0,5 х 0,5 м при глибині не менше 0,8 м. Прямоку повинен бути перекритим знімною решіткою [15].

5) Всі вимірювальні прилади передбачено встановити на щиті контролю, який знаходиться у приміщенні теплового пункту.

8.1.1 Електробезпека

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися відповідно до паспортних даних, що визначають номінальні значення струму і напруги. Збезпечення техніки безпеки в силовому електроустановці виконано вибором відповідного устаткування й апаратів.

Всі електромонтажні роботи виконувати в суворому відповідності з діючими будівельними нормами [2] – ДБН В.2.5.24-2003 «Електротехнические устройства. Производство электромонтажных работ», ПУЭ з дотримання норм по охороні праці і техніки безпеки.

Електропостачання усіх технологічних токоприймачів теплового пункту здійснюється від загального щита автоматизації. Підключення цього щита до системи електропостачання та обладнання необхідно здійснити по місцю.

Блок управління насосами забезпечується наступними функціями: автоматичне відключення циркуляційного насосу у разі падіння тиску на вході насоса нижче встановленого; можливість ручного вмикання/вимикання насоса; автоматичне вмикання насоса після перерви в електропостачанні, а також інші функції, які детально описані в технічній документації на щит автоматизації.

Контролер блоку управління забезпечить можливість зв'язку з комп'ютером за допомогою інтерфейсу (RS-232, 485).

Основними споживачами електроенергії в тепло пункті є електродвигуни насосних установок та джерела штучного освітлення.

Електрообладнання живиться від мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю частотою 50Гц. [15]

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1.2 Технічні рішення та організаційні заходи по запобіганню електротравм при роботі зі струмовідними елементами

З метою виникнення можливих електротравм при експлуатації електрообладнання теплопункту проектом його реконструкції передбачено:

- ізоляція нормально струмоведучих частин з опором $R_{\Sigma} \geq 1$ кОм; допускається експлуатація електроустановок при зниженні опору ізоляції до 0,5 кОм [16];
- блокуюче та огорожуюче обладнання виконане так, щоб знімати чи відкривати його можна тільки за допомогою ключів чи інструменту[16];
- живлення ламп накаливання загального освітлення здійснюється від трифазної мережі перемінного струму 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю, та занулення висота підвішування ламп 3,5м[16];
- передбачено мережу розеток 12 В для переносного освітлення[16];
- для захисту людей від помилкових дій та випадкового дотику до струмоведучих частин застосована різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки, використання напруги до 42 В для підключення електроінструменту [16];
- для захисту людей від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги, всі установки забезпечуються засобами захисту, а також засобами забезпечення першої медичної допомоги відповідно до «Правила використання и випробування засобів захисту, які використовуються в електроустановках»[17];
- наявність надійного та швидкодіючого автоматичного відключення частин електрообладнання, яке випадково виявилось під напругою та пошкоджених частин електромереж[18].

8.1.2 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на не струмовідні частини електроустановок

З метою захисту людей від ураження електричним струмом при переході напруги на неструмовідні частини установок проектом реконструкції тепло пункту передбачено:

-занулення всіх корпусів електродвигунів насосів та регулюючих клапанів, так як вони можуть бути під напругою при пошкоджені ізоляції[19].

Занулення дає змогу виключити небезпеку ураження електричним струмом людей при пробі на корпус обладнання одною з фаз мережі. Це досягається завдяки швидкому вимиканню, максимальним струмовим захистом ділянки, на якій виникло

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

замикання на корпус. При зануленні пробій на корпус приводить до короткого замикання фази (контур: нульовий провідник – фаза – фазовий провідник - корпус споживача – нульовий провідник). Спрацьовує захист від короткого замикання (автомат з струмовим захистом), та пошкоджений провідник вимикається від мережі.

При цьому використовуються вимоги ПУЕ – 2006 до схеми занулення:

- забезпечується необхідна кратність струму короткого замикання;
- забезпечується цілісність нульового провідника та використання повторних заземлювачів нульового провідника;
- контроль занулення проводиться при вводі в експлуатацію, перевірка здійснюється кожні 5 років;
- у нульовому проводі не дозволяється установка роз'єднувачів та інших приладів розриву електричної мережі;
- не дозволяється використовувати трубопроводи в якості нульового робочого проводу.

8.2 Пожежна безпека та профілактика

Пожежна безпека – стан об'єкта, за якого з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Приміщення згідно з НАПБ Б07.005-86 відноситься до категорії Д (пожежобезпечні – негорючі речовини та матеріали у холодному стані). Джерелом пожежі може бути спалення електроізоляції кабелю при короткому замиканні чи дії обслуговуючого персоналу, які порушують правила пожежної безпеки (використання відкритого вогню, куріння у недозволених місцях). Приміщення не відноситься до вибухонебезпечних, тому що тут не використовуються легкозаймисті речовини та немає умов для створення вибухонебезпечних сумішей [22].

Системи пожежної безпеки - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно – технічних засобів.

Системи пожежної безпеки мають запобігати виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні [23]. Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, не

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинен бути меншим за 0,9 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної безпеки для людей не може перевищувати 10^{-6} впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.

Основні засоби попередження пожеж:

- застосування електрообладнання, яке задовольняє вимогам електростатичної електробезпеки по ГОСТ 12.1.018-79;
- застосування захисту від короткого замикання на розподільчому щиті теплового пункту;

Основні технічні рішення по системі протипожежного захисту теплопункту:

- згідно вимог ДБН В.2.5-13-98 для пожежної сигналізації застосовані пристрої УОТС-11, які працюють з димовими та тепловими датчиками. Датчики встановлено на стелі:

- передбачені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники ОУ-5 згідно вимог ДСТУ 36 75-98 IS03941-77 та ГОСТ 7276-77, ящик с піском, щільна тканина, лопата. Вогнегасник розташовано біля входу у тепловий пункт;

- проектом запроектовано, що електродвигуни, електропровідники та кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони і мають арматуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів;

- плавкі вставки запобіжників калібровані, з визначенням на клеймі номінального струму вставки;

- на електродвигуни, світильники передбачається нанесення знаків, які вказують їх ступінь захисту відповідно стандартів;

- проектом передбачено, що з'єднання, відводи та кінцівки жил проводів виконується за допомогою опресовки, зварювання, пайки;

- прийнято, що переносні світильники мають скляні ковпачки та сітки. Для цих світильників застосовуються гнучкі кабелі з мідними жилами, з урахуванням їх захисту від можливих пошкоджень;

- передбачено стаціонарне застосування водяного пожежогасіння з пожежними кранами у настінних шафах.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Даний дипломний проект бакалавра являє собою реальний проект систем опалення та кондиціонування повітря індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м. Києві, і складається з низки теплотехнічних розрахунків і технічних рішень, направлених на реалізацію інженерних систем будівлі, що розглядається. Система опалення відповідає всім сучасним нормам з енергозбереження, автоматизації роботи інженерних систем та охорони праці експлуатації інженерних систем.

У даній дипломному проєкті було виконано наступний обсяг робіт:

1. Розраховано теплові втрати приміщення;
2. Розраховано надходження теплоти до приміщень об'єкта проєктування;
3. Розраховано вертикальний ґрунтовий теплообмінник;
4. Виконано розрахунок опалення і кондиціонування будинку;
5. Вибрано обладнання системи опалення;
6. У розділі з охорони праці розглянуті питання по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Технічні рішення, прийняті в роботі, відповідають умовам екологічних, санітарно-гігієнічних та інших діючих норм і забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей, експлуатацію будівлі.

Для отриманих теплових втрат приміщення, враховуючи оптимальні умови роботи ґрунтових теплообмінників, було розраховано вертикальний теплообмінник для теплонасосної системи опалення.

При розробці проєкту були витримані вимоги таких керівних та нормативних документів:

- СНиП 2.04.05-91*У «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- СНиП II - 3 - 79*. «Строительная теплотехника».

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : zakon1.rada.gov.ua/signal/kr06145.
2. Дані з Інтернет ресурсу: <http://old.niss.gov.ua/Monitor/november08/2.htm>
3. Безродний М.К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272 с.
4. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами [Текст]. – Чинний від 2010-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – IV, 51 с.
5. Пісарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки. Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2002. – 124 с.
6. Безродний М.К. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 208 с.
7. Пуховий І.І. Теплонасосне та безпосереднє використання теплової енергії довкілля і її потенціал в Україні / І.І. Пуховий // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2005. – № 1. – 92–97 с.
8. Безродний М.К. Теплові насоси та їх використання. [Текст]: посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 289 с.
9. Алабовський О.М., Боженко М.Ф., Хоренженко Ю.В. Проектування котелень промислових підприємств. – К. Вища школа, 1992. – 208 с.
10. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. / М.Ф.Боженко, В.П.Сало. – Київ: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2004. – 192 с.
11. ДБН В. 2.6.-31: 2006 зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007-04-01 – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с.
12. СНиП 2.04.05-91*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП «Энергоминимум», 2009. – 60 с.
14. Офіційний веб-сайт підприємства: <http://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/>
15. Офіційний веб-сайт підприємства: <http://www.ivik.ua/>
16. Дані з Інтернет ресурсу: <http://meteo.ua/>
17. Дані з Інтернет ресурсу: <http://www.gilius.lv/>

					ТП 51 59 010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ТП 51 59 010 ПЗ	Пояснювальна записка	80	
3	A1	ТП 51 59 010 001 ОВ	Схема опалення та ГВП	1	
4	A1	ТП 51 59 010 002 ОВ	Компоновка обладнання опалення	1	
5	A1	ТП 51 59 010 001 ОВ1	Схема прокладки контурів теплої підлоги	1	
6	A2	ТП 51 59 010 001 ТМК	Компоновка обладнання котельні	1	

				ТП 51 59 010		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Новіцький Д. І			Відомість дипломного проекту	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Безродний М.К.					1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТПТ, Гр. ТП - 51	
Н.контр.	Боженко М.Ф.					
Зав.каф.	Варламов Г.Б.					

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
		<u>Документація</u>			
	ТП 5159010 ОВ	Компоновка обладнання	4		
		<u>Обладнання</u>			
K1		Тепловий насос	1		Q=10,4кВт
K2		Тепловий насос	1		Q=10,4кВт
K3		Буферна ємність	1		V=300л
K4		Буферна ємність	1		V=300л
K5		Ємність накопичення гарячого водопостачання	1		V=310л
K6		Розподільчий колектор ГВП	1		
K7		Геліоколектор	1		Q=4,4кВт
K8		Мембранний розширювальний бак	1		V=8л
K9		Мембранний розширювальний бак	1		V=12л
K10		Мембранний розширювальний бак	1		V=12л
K11		Розподільчий колектор системи опалення	1		
H1		Відцентровий насос	1		H=8м.в.см
H2		Відцентровий насос	1		H=8м.в.см
H3		Відцентровий насос	1		H=8м.в.см
H4		Відцентровий насос	1		H=5м.в.см
H5		Відцентровий насос	1		H=3м.в.см
H6		Відцентровий насос	1		H=5м.в.см
H7		Відцентровий насос	1		H=5м.в.см
H8		Відцентровий насос	1		H=8м.в.см
H9		Відцентровий насос	1		H=8м.в.см
H10		Відцентровий насос	1		H=3м.в.см

					ТП 51 59 010 СП				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент	Новіцький				Система опалення індивідуального житлового будинку з використанням грунтового теплового насосу по вул. М. Драгомирова в м. Києві			Стадія	Арк.
Керівник	Безродний							Д П Б	1
Н.контр	Боженко								1
Зав. Каф.	Варламов								